2° SEMINARIO DEI PROFESSIONISTI CONTARP "DAL CONTROLLO ALLA CONSULENZA IN AZIENDA"

CUNEO, 23 - 25 GENNAIO 2001

"Centro Incontri" della Provincia di Cuneo

ATTI - Volume secondo

INAIL

Comitato Scientifico
Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

Dr. Ric. Uberto Verdel
Ing. Piero Altarocca
Dott. Giuseppe Castellet y Ballarà
Dott. Raffaele d'Angelo
Ing. GianMario Fois
Dr. Ric. Giuseppe Gargaro
Ing. Pietro Mura
Dott. Riccardo Vallerga

Segreteria Scientifica
Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

Dr. Ric. Silvia Severi

Organizzazione
Direzione Regionale Piemonte
Segreteria Tecnica CONTARP - Direzione Generale

Per informazioni:
INAIL - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (CONTARP)
00143 ROMA - Via Roberto Ferruzzi, 40
Tel. 0654872349 - Fax 0654872365
E-mail: contarp@inail.it

Il 2° Seminario dei Professionisti CONTARP si pone come occasione per presentare le profonde innovazioni in atto nell'INAIL che scaturiscono dal cambiamento continuo delle condizioni di lavoro e dall'attuale contesto sociale ed economico.

Nel settore dei rischi professionali, nel quale la CONTARP opera, forte di un'esperienza più che trentennale, l'INAIL, mantenendo tutti i suoi compiti di natura assicurativa, è oggi chiamato più che in passato ad esercitare quegli interventi prevenzionali previsti anche da specifiche e recenti norme di legge, che pongono l'accento sull'azione di consulenza ed assistenza alle aziende, in un quadro di tutela globale dei lavoratori.

SOMMARIO

Volume Primo

I SESSIONE: "IL NUOVO PROFILO ASSICURATIVO E LA GESTIONE DELLA SICUREZZA"

Bellomo D., Marino M.P. "*Sport e infortuni: nuova tutela assicurativa per gli sportivi professionisti*" 11

Benedetti F., Matricardi P., Russo E. "*L'importanza dei sistemi di gestione della sicurezza, la linea guida BS 8800 e la norma OHSAS 18001: descrizione, applicazione, utilizzo*" 33

d'Angelo R., Cutillo G., Pasello F. "*L'approccio integrato qualità, ambiente e sicurezza: una nuova strategia per fare profitto (il caso 3M ITALIA)* 49

Polli F. "*La gestione della sicurezza nelle grandi imprese: il modello DuPont*" 63

Spinelli A.E., Mancini G., Montana M., Resconi C. "*Considerazioni tecniche sulle modalità di valutazione delle richieste di oscillazione del tasso medio di tariffa*" 77

Spinelli A.E., Fioretti P., Panaro P., Terracina A., Zarrelli G., Vallerga R. "*Un possibile quadro evolutivo della classificazione dei cicli tecnologici*" 85

II SESSIONE: "PREVENZIONE E RISCHIO ASSICURATO: PROPOSTE METODOLOGICHE"

Siciliano E., Mignacca F.R., Nori L., Visciotti G. "*Monitoraggio sul grado di attuazione del D.Lgs. 626/94 nella regione Abruzzo*" 95

Benedetti F., Matricardi P. "*Progetto incentivazione alle imprese in tema di prevenzione. Aspetti tecnici dell'iniziativa*" 127

Bertucci R., Gelato P., Pozzessere C. "*Risultati di un monitoraggio sul rispetto delle norme di prevenzione nelle aziende di autoriparazione in provincia di Bari*" 139

Mastrovito M., d'Angelo R., Sinopoli S., Giommoni G., Ruspolini F. "*Valutazione del rischio otopatia ai fini assicurativi – Proposta metodologica*" 147

Iotti A., Ortolani G. "*ESAW: Europa e prevenzione infortuni*" 153

Giommoni G., Papa G., Perpetuo G., Ruspolini F. "*Valutazione, ai fini assicurativi, del rischio fisico da rumore per i lavoratori addetti al settore agricoltura*" 159

Minore A., Prezioso A., Principe B., Tamigio G., Tripi L. "*Le tecniche di saldatura: rischi professionali e prevenzione*" 175

Argenti L., Di Stefano S., Zanelli A., Rinaldi R. "*Proposta di valutazione quantitativa del rischio cancerogeno da esposizione professionale*" 197

Ricciardi P., Presicci V., Mura P. "*Valutazione del rumore caratterizzato da elevate variazioni dei livelli di esposizione: l'uso dei campionatori personali in classe 1*" 209

Massacci G., Usala S. "*Accertamento dell'esposizione al rumore in condizioni d'incertezza nella TU in materia di ipoacusia professionale*" 219

III SESSIONE: "I RISCHI EMERGENTI"

Pol G., Piccioni A. "*Sovraccarico degli arti superiori da lavoro ripetitivo: valutazione dell'esposizione ai rischi da movimenti e sforzi ripetuti in una ditta produttrice di particolari in plastica per l'industria automobilistica*" 229

Baldacconi A., Rossi A., Rosci G. "*Il rapporto ergonomia/assicurazione nella valutazione dei fattori di rischio ergonomico"* 241

Baldacconi A., Barca S., De Santis P. "*L'ergonomia nella movimentazione manuale dei carichi: applicazione del metodo NIOSH nel Comparto Ceramico di Civita Castellana*" 253

Nappi F., Piccioni R., Rughi D., Carluccio P. "*La movimentazione manuale nell'attività estrattiva: primi risultati analitici sui livelli di esposizione da sovraccarico biomeccanico sul rachide e sugli arti superiori nei lavoratori di alcune cave di produzione di blocchetti di tufo*" 283

Andretta D., Clerici P., Mattarelli M. "*Posture incongrue, movimenti ripetuti e patologie muscolo-scheletriche: proposte per il monitoraggio e la prevenzione del fenomeno*" 301

Anzidei P., Giovinazzo R., Venanzetti F. "*Esposizione lavorativa: effetti sulla biologia riproduttiva*" 315

Filosa L. "*Campi elettromagnetici: il rompicapo scientifico*" 317

D'Angelo R., Mura P., Malorni A. "*Campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse (ELF): sono cancerogeni per l'uomo?*" 339

Piccioni R., Rughi D. "*Il rischio da stress climatico nel settore di produzione delle ceramiche di Civita Castellana (VT)*" 345

Antonelli B.M. "*Esposizione professionale a radiazioni ionizzanti di origine naturale: il rischio radon nel Lazio*" 363

Caldara S., Nuccio S., Spataro C. "*Flicker: comfort visivo e rischi professionali – Misura e prevenzione*" 373

Volume Secondo

IV SESSIONE: "I RISCHI FISICI, CHIMICI E BIOLOGICI"

Barcellona G., Davì E., Di Chiara S., Di Noto G., Gargaro G., Kunkar C., Novembre G., Poidomani E., Terracina A. "*I laboratori INAIL di sviluppo di lastre radiografiche in Sicilia: valutazione del benessere termico e di alcuni agenti chimici*" 403

Papa G., Carella A., Ruspolini F., Taglieri L., Barra M.I., De Blasi P., Fizzano M.R., Gargaro G., Giovinazzo R., La Pegna P. "*Valutazione dell'inquinamento da solventi nell'industria di manufatti in materiale composito: il caso delle vetroresine*" 421

Desideri P., d'Angelo R., Novi C., Sinopoli S., Casale M. "*Studio dell'applicazione della spettrometria infrarossa a trasformata di Fourier (FTIR) a campioni di amianto (crocidolite) depositati su membrane filtranti*" 441

Casale M., Desideri P., Sinopoli S., d'Angelo R., Novi C. "*Il dosaggio della silice libera cristallina (quarzo) attraverso la spettrofotometria FTIR: primi risultati relativi a polvere calcaree contaminate con quarzo*" 455

Guidi C., Gallanelli R. "*Il Benzene: rischio generico e rischio professionale*" 471

Arpaia G., Santucciu P. "*Rischio chimico e biologico nell'industria conciaria lombarda*" 479

Cottica D., Grignani E. "*Requisiti generali per la misura degli inquinanti chimici aerodispersi – norme ed indicazioni*" 503

Salzano R., Taddeucci A., Tuccimei P. "*La variazione del rischio associato all'inquinamento da Pb in aree urbane a seguito dell'introduzione delle benzine "verdi": il caso della zona di Villa Pamphili (Roma)*" 513

Crescenza P. Attimonelli R. "*Ipotesi di un possibile nesso etiologico tra neoplasie vescicali ed esposizione ad isocianati*" 521

Frusteri L., Iacovacci P., Novi C., Di Felice G., Pini C., Maroli M., d'Angelo R. "*Allergeni di origine biologica in ambienti di lavoro indoor: aspetti metodologici della valutazione del rischio"* 529

Marconi A. "*Il campionamento delle polveri ai fini della stima dell'esposizione: nuovi criteri e nuovi strumenti*" 539

Menicocci A. "*Agricoltura: una più efficace valutazione del rischio rumore*" 551

Barcellona G., Di Chiara S. "*EdilRum: il rumore in edilizia*" 571

Verdel U., Iotti A., Piccioni R. "*Andamento dell'ipoacusia professionale nei diversi settori tecnologici dell'industria italiana*" 577

Cavariani F., De Blasi P., De Rossi M., Piccioni R., Rughi D. "*Analisi del rischio da polveri nel comprensorio ceramico di Civita Castellana (VT): un esempio di collaborazione tra enti*" 587

Rimoldi B., Rughi D. "*Controllo dell'esposizione a silice cristallina nel comparto fonderie della Lombardia*" 595

Schneider Graziosi A., Severi S., Verdel U. "*Il mesotelioma pleurico in Italia: elaborazione dei dati statistici INAIL dell'ultimo decennio per l'individuazione delle attività lavorative a rischio*" 601

Massera S., Incocciati E. "*Analisi di fibre minerali tramite MOCF. Proposta di procedure per confronti interlaboratorio INAIL e presentazione di un'esperienza pilota*" 619

V SESSIONE: "POSTER"

Carella A., Papa G. "*Il rischio silicotigeno nella sabbiatura dei tessuti*" 635

Russo E., Piccioni A. "*Sicurezza e salute in agricoltura: attività di informazione e formazione*" 643

Buffa C., Correzzola C., Ferrante D., Piccioni A. "*Obbligo assicurativo per silicosi (INAIL) per le ditte del settore dell'estrazione e lavorazione del porfido in Trentino*" 651

Sarto D. "*Malattie allergiche della cute e dell'apparato respiratorio di origine professionale in Toscana: dati INAIL*" 663

Castellet y Ballarà G., Piccioni R., Severi S. "*L'andamento infortunistico nell'attività estrattiva a cielo aperto in Italia*" 681

Benedetti F. "*Il progetto "Virtual 3D": strumento didattico in realtà virtuale in 3D per la formazione e l'addestramento sulla prevenzione e la sicurezza*" 693

Antoni D., Barbassa E., Caldara S., Fois G., Luzzi R., Mameli M. "*Attività di vigilanza congiunta per il Progetto Speciale Infortuni. Prime considerazioni dell'esperienza sul territorio*" 703

Antoni D. "*L'evoluzione delle norme di Quality Management in relazione alla sicurezza come aspetto preventivo*" 713

Andretta D. "*L'importanza di una corretta valutazione del rischio nelle decisioni di bonifica di siti con amianto interrato*" 719

Massacci G. "*Formazione in materia di sicurezza e igiene del lavoro nei corsi di studi universitari di ingegneria dell'ambiente, del territorio e delle risorse*" 731

Spinelli A.E., Fioretti P., Mancini G., Montana M., Panaro P., Resconi C., Terracina A., Zarrelli G., Vallerga R. "*Le nuove tariffe dei premi per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali"* *743*

Dacarro C., Grignani E., Grisoli P., Cottica D. "*Applicazione di indici microbiologici alla valutazione della qualità dell'aria in ambienti di lavoro non industriali*" 759

IV SESSIONE
"I RISCHI FISICI, CHIMICI E BIOLOGICI"

I LABORATORI INAIL DI SVILUPPO DI LASTRE RADIOGRAFICHE IN SICILIA: VALUTAZIONE DEL BENESSERE TERMICO E DI ALCUNI AGENTI CHIMICI.

G. Barcellona, E. Davì*, S. Di Chiara*, G. Di Noto*, G. Gargaro**, C. Kunkar**, G. Novembre**, E. Poidomani**, A. Terracina***

* INAIL - Direzione Regionale Sicilia - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.
** INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.

RIASSUNTO

Il lavoro presenta i risultati di un'indagine ambientale svolta nei laboratori di sviluppo lastre radiografiche delle sedi INAIL della regione Sicilia.
Ai fini della valutazione del benessere termico a cui è esposta la figura professionale di "tecnico di radiologia", lo studio ha riguardato rilevazioni strumentali di parametri microclimatici, nonché la determinazione della concentrazione di agenti chimici comunemente presenti in tali laboratori.
In particolare, alla luce della recente riduzione del valore limite di esposizione A.C.G.I.H., sono stati individuati i livelli di glutaraldeide nell'aria ambiente tramite tecnica di cromatografia liquida ad elevate prestazioni (HPLC).
I risultati della ricerca serviranno a redigere delle "linee guida" sulla sicurezza dei luoghi di lavoro indagati così come previsto dal D.L.vo 626/94.

Introduzione

La recente normativa sulla sicurezza e salute nei luoghi di lavoro, legata in particolare al D.L.vo 626/94 **[1]** e successive modifiche e integrazioni, tenta, sebbene a piccoli passi, di far prendere coscienza alla società moderna dell'importanza della prevenzione. Un nuovo modo, quindi, di pensare alla sicurezza come parte integrante dello sviluppo di un'azienda, ed in generale della società, e non come un mero atto tecnico-amministrativo dovuto e/o imposto dalla normativa.
Questo nuovo modo di pensare, talvolta, focalizza l'attenzione sui "rischi evidenti" presenti in un'azienda, tralasciando quelli "minori", ritenuti poco rilevanti ai fini della sicurezza. Parlando di rischi chimici, ad esempio, si pensa spesso ai grossi impianti petrolchimici dove sono impiegati grossi quantitativi di prodotti o a piccole realtà artigiane dislocate nei centri residenziali, le quali, a causa dei prodotti utilizzati, rendono poco salubre anche l'ambiente esterno (autocarrozzerie, falegnamerie, ecc..).
Il rischio da agenti chimici può, tuttavia, essere presente anche negli uffici, specie dove insistono specifici laboratori tecnici e s'impiegano quantità, anche modeste, di prodotti chimici.
E' questo il caso dei laboratori di sviluppo di lastre radiografiche (camere oscure) presenti in tutte le Sedi INAIL; in tali ambienti sono utilizzati diversi prodotti per lo sviluppo ed il fissaggio delle lastre radiografiche e il "tecnico di radiologia" può essere esposto, sia nella fase di preparazione di soluzioni sia nella fase vera e propria di sviluppo delle lastre, a diversi agenti chimici degni d'attenzione.
Il presente lavoro mostra i risultati di uno studio svolto in quasi tutte le Sedi INAIL della Regione Sicilia, riguardante l'analisi di tutte le fasi operative necessarie allo sviluppo delle

lastre radiografiche, la determinazione quantitativa di alcuni inquinanti presenti nella camera oscura e la valutazione dell'esposizione personale quotidiana a taluni di essi dei "tecnici di radiologia".
Per completezza, nell'indagine è stato affrontato anche il problema del microclima, legato principalmente al funzionamento di elettroventilatori e sistemi radianti a raggi infrarossi durante l'asciugatura delle lastre, dopo le fasi di sviluppo, fissaggio e lavaggio.

Le camere oscure

I locali presenti nelle Sedi INAIL della Sicilia sono costituiti da piccoli ambienti di dimensioni comprese tra i 6 e i 12 m^2.
All'interno di questi è posizionata una sviluppatrice automatica di lastre radiografiche, spesso disposta in modo tale da poter prelevare le lastre già sviluppate dall'esterno del locale.
Gli ambienti sono provvisti di sistemi di aspirazione di aria ambiente, generalmente tenuti in funzione solamente durante l'orario di lavoro.
Nelle camere oscure oggetto dell'indagine, ad eccezione di una, le soluzioni esauste di sviluppo e di fissaggio stazionano nelle vicinanze della sviluppatrice e, generalmente senza alcun dispositivo specifico per il recupero/abbattimento dei vapori.
Le operazioni che riguardano lo sviluppo consistono nell'apertura della scatola contenente la lastra impressionata, nell'introduzione della stessa nella sviluppatrice e nel successivo prelievo della lastra dopo lo sviluppo.
Il numero di lastre sviluppate mensilmente varia da Sede a Sede ed è compreso tra le 100 e le 300 unità.
Il ciclo di operazioni effettuate dalla macchina sviluppatrice consiste:
• nel passaggio della lastra da sviluppare attraverso un bagno di sviluppo, uno di fissaggio (contenuti in due vaschette separate) ed uno di lavaggio;
• nell'essiccamento della lastra attraverso un sistema a raggi infrarossi.
La sviluppatrice utilizza anche un sistema di raffreddamento degli elementi radianti composto da due elettroventilatori.
In quasi tutte le Sedi i bagni di sviluppo e di fissaggio vengono ripristinati mensilmente dal tecnico di radiologia, mentre, la manutenzione della sviluppatrice, comprendente la pulizia generale della macchina e lo svuotamento delle vasche contenenti le soluzioni, è effettuata con periodicità trimestrale da una ditta esterna.
I prodotti commerciali utilizzati per lo sviluppo delle lastre non sono gli stessi nelle varie Sedi. Nel passato sono stati utilizzati prodotti della ditta 3M, ormai non più in commercio; attualmente sono utilizzati prodotti della ditta KODAK.
Questi prodotti sono o soluzioni pronte per l'uso o soluzioni per cui è necessario il mescolamento di più flaconi (Tab. 1/a e 1/b).
L'utilizzo delle soluzioni pronte per l'uso (sia di sviluppo sia di fissaggio) prevede una semplice diluizione delle stesse. Tale diluizione è effettuata direttamente in adatte vasche di integrazione. Nell'altro caso, i reagenti sono preparati per mescolamento di due (fissaggio) o tre (sviluppo) soluzioni diverse seguito da opportuna diluizione finale.
Il tempo necessario allo sviluppo di una lastra radiografica è di circa 90 secondi. In tale periodo l'operatore permane nella camera oscura il tempo necessario per inserire la lastra nella sviluppatrice.
Considerando il numero medio di lastre sviluppate, nonché il tempo necessario per le varie operazioni di routine (accensione/spegnimento della sviluppatrice, verifica del livello delle soluzioni, pulizia della sviluppatrice, ecc.) si può stimare in circa 30 minuti/giorno il tempo di permanenza del tecnico all'interno della camera oscura.

Soluzioni da miscelare

% componente / componente	KODAK RP X-OMAT EX (Rivelatore-integratore				KODAK RP X-OMAT LO (Fissatore-integratore)			KODAK RP X-OMAT (Rivelatore-integratore)				3M BRAND XAF 3 (Fissatore-integratore)			3M BRAND XAD 3 (Rivelatore-integratore)			
	Sol. A	Sol. B	Sol. C	Sol. pronta	Sol. A	Sol. B	Sol. pronta	Sol. A	Sol. B	Sol. C	Sol. pronta	Sol. A	Sol. B	Sol. pronta	Sol. A	Sol. B	Sol. C	Sol. pronta
Acqua	55-60	5-10	70-75	85-90	45-50	85-90	85-90	60-65	5-10	45-50	85-90	40-50	80-85	85-90	60-70	50-60	70-80	95-98
Solfito di potassio	15-20	/	/	3.5-5	/	/	/	20-25	/	/	5-6.25	/	/	/	/	/	/	/
Idrochinone	5-10	/	/	1-2.5	/	/	/	5-10	/	/	1-2.5	/	/	/	5-10	/	/	1-2.5
Carbonato di sodio	1-5	/	/	0.2-1.5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Carbonato di potassio	1-5	/	/	0.2-1.5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1-5	/	/	0.2-1.5
Glicole dietilenico	1-5	50-55	/	1.5-3	/	/	/	1-5	/	/	0.2-1.5	/	/	/	/	30-40	/	0.7-1
Solfito di sodio	1-5	/	/	0.2-1.5	1-5	/	0.2-1.5	1-5	/	/	0.2-1.5	/	/	/	/	/	/	/
Acido acetico	/	35-40	/	0.8-1	5-10	/	1.2-2.5	/	75-80	5-10	0.7-0.9	/	/	/	/	/	< 2	< 0.1
1-fenil-3-pirazolidone	/	5-10	/	0.1-0.3	/	/		/	10-15	/	0.1-0.2	/	/	/	/	/	/	/
Addotto bisolfito di sodio-glutaraldeide	/	/	20-25	0.5-0.7	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15-25	0.7-1.3
Glutaraldeide	/	/	5-10	0.1-0.3	/	/	/	/	/	40-45	0.3-0.4	/	/	/	/	/	1-10	0.1-0.5
Tiosolfato di ammonio	/	/	/	/	35-40	/	8.5-10	/	/	/	/	40-50	/	10-13	/	/	/	/
Tiosolfato di sodio	/	/	/	/	1-5	/	0.2-.5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Solfato di alluminio	/	/	/	/	/	10-15	0.5-0.8	/	/	/	/	/	10-15	0.5-0.8	/	/	/	/
5-nitroindazolo	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1-5	<0.05	0.05	/	/	/	/	/	/
Acetato di ammonio	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1-10	/	0.2-2.5	/	/	/	/
Bisolfito di sodio	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1-5	/	0.2-1.3	/	/	/	/
Acido borico	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1-5	/	0.2-1.3	/	/	/	/
Acido solforico	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5-10	0.2-0.5	/	/	/	/
Glicoletere	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.1-0.5	<0.005	/	/	/	/
Solfiti inorganici	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10-20	/	/	2.5-5
Idrossido di potassio	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	<	2	/	< 0.5
Etilenglicole	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1-5	/	/	0.2-1.5
Fenidone	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		10-20	/	0.2-0.5

Tabella 1/b

Soluzioni pronte per l'uso.

% componente / componente	KODAK X-OMAT LE (APS) (Rivelatore-integratore)		KODAK X-OMAT LE (APS) (Fissatore-integratore)		IMATION AS (Rivelatore)	
	Prodotto	Sol. pronta	Prodotto	Sol. pronta	Prodotto	Sol. pronta
Acqua	60-65	90-95	40-45	85-90	60-70	90-95
Solfito di potassio	10-20	2.5-5	/	/	10-20	2.5-5
Idrochinone	5-10	1.2-2.5	/	/	5-10	1.2-2.5
Carbonato di potassio	1-5	0.2-1.2	/	/	1-5	0.2-1.2
Glicole dietilenico	1-5	0.2-1.2	/	/	1-5	0.2-1.2
Solfito di sodio	5-10	1.2-2.5	1-5	0.2-1.2	5-10	1.2-2.5
Acido acetico	/	/	1-5	0.2-1.2	/	/
Tiosolfato di ammonio	/	/	40-45	10-12	/	/
Acetato di ammonio	/	/	1-5	0.2-1.2	/	/
Acido borico	/	/	1-5	0.2-1.2	/	/
Bromuro di potassio	/	/	/	/	0.1-1	< 0.2

GLI AGENTI CHIMICI

Dalle informazioni riportate sulle schede tecniche di sicurezza e da quelle tratte dalla letteratura sull'argomento d'interesse **[2]**, **[3]**, **[4]**, gli agenti chimici monitorati sono quelli riportati nella seguente tabella.

Tabella 2

Sostanza	Fonte
Acido acetico	Soluzione di fissaggio, di sviluppo e soluzione pronta per l'uso
Ammoniaca	In caso di miscelazione delle soluzioni di sviluppo e di fissaggio
Anidride solforosa	Soluzione di fissaggio per azione acida
Glutaraldeide	Soluzione di sviluppo

Di seguito sono riportate alcune informazioni degli stessi.

Glutaraldeide

Caratteristiche chimico-fisiche

Formula molecolare: $C_5H_8O_2$
Peso molecolare: 100.12
Formula di struttura:

Sinonimi: 1,5 pentandiale, aldeide glutarica

***Proprietà fisiche*:**
liquido oleoso
Pressione di vapore: 17 mm Hg (a 20°C)
Temperatura di ebollizione: 187-189°C (NIOSH-International Chemical Safety Card) a 760 mmHg
Temperatura di fusione: -14°C (NIOSH-International Chemical Safety Card)
Densità: 0.72 gr/ml
Solubilità in acqua: solubile (a 20°C)
Limiti di esposizione:
TLV ACGIH (1999) : 0.05 p.p.m. (0.20 mg/m^3) Ceiling @ NTP
PEL OSHA: 0.2 p.p.m. (0.80 mg/m^3) Ceiling @ NTP
REL NIOSH: 0.2 p.p.m. (0.80 mg/m^3) Ceiling @ NTP
Parametri di rivelabilità olfattiva: i suoi vapori hanno un caratteristico odore pungente. La soglia olfattiva è pari a 0.04 p.p.m..

Impieghi

La glutaraldeide è generalmente posta in commercio sotto forma di soluzione acquosa. E' usata, oltre che come fissatore nel processo di sviluppo di lastre radiografiche, essenzialmente come biocida e disinfettante in medicina, per la sterilizzazione a freddo dei materiali ospedalieri sensibili al calore; è utilizzata anche nella concia delle pelli e del cuoio, come impermeabilizzante della carta e delle fibre tessili e come conservante in detergenti e cosmetici **[5]**.

Effetti sull'uomo

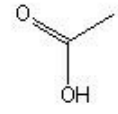
L'interesse della comunità scientifica riguardo all'esposizione lavorativa a glutaraldeide, è notevolmente aumentato negli ultimi anni a causa dell'incremento del numero dei casi di "asma occupazionale" in lavoratori esposti a questa sostanza.
La reale estensione del fenomeno non è ancora ben nota per la mancanza di studi epidemiologici su larga scala, ma, in nazioni dove sono stati predisposti appositi programmi di sorveglianza sanitaria (Regno Unito, USA, Finlandia), sono già stati riportati numerosi casi, ampiamente documentati, di "asma occupazionale" imputabile all'esposizione a glutaraldeide **[6]**, **[7]**.
Alla luce dei recenti studi, l'ACGIH ha recentemente ridotto il TLV-Ceiling dal valore di 0.2 p.p.m. a quello attuale di 0.05 p.p.m..
La glutaraldeide è assorbita dall'organismo per via respiratoria e per via cutanea. La via digestiva è possibile solo per ingestione accidentale. Ha effetti acuti e cronici sulla salute dell'uomo **[8]**.
Gli effetti conseguenti ad una esposizione acuta per inalazione comprendono l'irritazione delle alte vie respiratorie e, a livelli di concentrazione più elevati, tosse, difficoltà respiratorie, mal di testa, capogiri e sonnolenza.
L'esposizione prolungata a vapori di glutaraldeide può invece causare irritazioni delle mucose, riniti e congiuntiviti.
In soggetti già sensibilizzati, l'esposizione a quantità anche minime di glutaraldeide (anche inferiori ai limiti adottati) può provocare, come già detto, "asma occupazionale" con conseguente costrizione delle vie respiratorie e difficoltà della respirazione **[6]**, **[7].**
Il contatto con la pelle può causare irritazioni; in soggetti sensibilizzati, anche modeste quantità di sostanza possono causare dermatiti allergiche da contatto.

L'assorbimento della sostanza per via cutanea può avere effetti sul sistema nervoso centrale con sintomi quali mal di testa, capogiri e fiacchezza.

Acido acetico

Caratteristiche chimico-fisiche

Formula molecolare: $C_2H_4O_2$
Peso molecolare: 60.05
Formula di struttura:



Sinonimi: acido etanoico

***Proprietà fisiche*:**
liquido incolore o solido

Pressione di vapore: 11.4 mm Hg (a 20°C)
Temperatura di ebollizione: 118°C a 760 mmHg
Temperatura di fusione: 16.6°C
Densità: 1.049 gr/ml
Solubilità in acqua: solubile (a 20°C)
Limiti di esposizione:
TLV ACGIH (1976) : 10 p.p.m. (25 mg/m^3) TWA; 15 p.p.m. (37 mg/m^3) STEL @ NTP
PEL OSHA: 10 p.p.m. (25 mg/m^3) Ceiling @ NTP
REL NIOSH: 10 p.p.m. (25 mg/m^3) TWA; 15 p.p.m. (37 mg/m^3) STEL @ NTP
Parametri di rivelabilità olfattiva: odore di aceto, forte e pungente; soglia olfattiva compresa tra 0.2 e 1.0 p.p.m.

Impieghi

Si trova generalmente in commercio in soluzioni acquose con concentrazioni variabili dal 6% al 99%.
L'acido acetico è un acido relativamente debole; trova larghissimo impiego in svariati campi. L'industria chimica lo utilizza ampiamente come materia prima, solvente, acido. Nell'industria tessile trova impiego nella preparazione degli appretti, mordenzatura, tintura, impregnazione e come sgrassante; in medicina è usato come antisettico, emostatico, cauterizzante e vescicatorio. L'industria fotografica lo impiega come agente di indurimento e per regolare l'acidità dei bagni di fissaggio. Nell'industria alimentare è utilizzato come conservante (battericida). Lo si impiega anche in innumerevoli altre industrie (concia del cuoio, elettroplaccatura, produzione di inchiostri per stampa, ecc.) **[5]**.

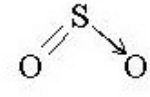
Effetti sull'uomo

I vapori dell'acido acetico sono irritanti per gli occhi, le membrane mucose, la pelle e le alte vie respiratorie. Le soluzioni più concentrate sono corrosive.
La tossicità acuta è relativamente bassa. Gli effetti immediati sono dovuti essenzialmente all'azione corrosiva e disidratante sui tessuti.
L'esposizione acuta ai vapori causa arrossamenti, lacrimazione, bruciore della gola, tosse, mal di testa, capogiri, respirazione difficoltosa, edema polmonare, dispnea. I sintomi possono apparire anche dopo qualche ora dall'esposizione.
Il contatto con la pelle di soluzioni concentrate provoca bruciore ed arrossamento della zona interessata, mentre il contatto con gli occhi comporta dolore, arrossamento, lacerazioni, fotofobia e opacità della cornea; un contatto con gli occhi piuttosto severo può provocare una menomazione definitiva delle capacità visive.
L'esposizione cronica ai vapori procura infiammazioni del naso, della gola e dei bronchi, difficoltà respiratorie, diminuzione della capacità polmonare, bronchiti croniche, erosione degli incisivi e dei canini, congiuntiviti, annerimento della pelle. Il contatto prolungato e ripetuto con la pelle può dar luogo a dermatiti.

Biossido di zolfo

Caratteristiche chimico-fisiche

Formula molecolare: SO_2
Peso molecolare: 64.06
Formula di struttura:



Sinonimi: anidride solforosa, ossido di zolfo

Proprietà fisiche:
gas incolore; a T< -10°C liquido

Pressione di vapore: 330 kPa a 20°C
Temperatura di ebollizione: -10.06°C a 760 mmHg
Temperatura di fusione: -75.51°C
Densità dei vapori: 2.26 (Aria = 1)
Solubilità in acqua: 10 g/100g di H_2O (a 20°C)
Limiti di esposizione:
TLV ACGIH: 2 p.p.m. (5.2 mg/m^3) TWA; 5 p.p.m. (13 mg/m^3) STEL @ NTP
PEL OSHA: 5 p.p.m. (13 mg/m^3) TWA @ NTP
REL NIOSH: 2 p.p.m. (5.2 mg/m^3) TWA; 5 p.p.m. (13 mg/m^3) STEL @ NTP
Parametri di rivelabilità olfattiva: Odore caratteristico, irritante e pungente. Soglia olfattiva compresa tra 3 e 5 p.p.m.

Impieghi

La SO_2 è usata come materia prima per la fabbricazione di acido solforico e di solfiti, tioniti, tiosolfati, solfonati e mercaptani, come batteriostatico nell'industria alimentare, per la sbianca della lana, della seta, della paglia, delle spugne e delle fibre tessili, come imbiancante per la pasta di legno. Liquefatta è utilizzata per l'estrazione di corpi grassi e per il loro imbiancamento, per la purificazione degli oli minerali greggi e per la separazione degli idrocarburi aromatici dagli alcani **[5]**.

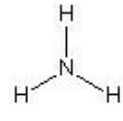
Effetti sull'uomo

Il biossido di zolfo è un forte irritante per gli occhi, l'apparato respiratorio e la pelle. L'esposizione può avvenire per inalazione o per contatto con la pelle e/o gli occhi.
Circa il 90% della SO_2 inalata è assorbita nelle alte vie respiratorie provocando mal di gola, tosse e difficoltà della respirazione. A concentrazioni maggiori possono manifestarsi irritazioni e arrossamento degli occhi, rinorrea, soffocamento, edema polmonare. Gli effetti possono anche manifestarsi in ritardo rispetto all'esposizione.
Il contatto con il liquido provoca bruciature sulla pelle a causa dell'effetto di congelamento dovuto alla rapida evaporazione.
L'esposizione prolungata e ripetuta può provocare manifestazioni di asma.

Ammoniaca

Caratteristiche chimico-fisiche

Formula molecolare: NH_3
Peso molecolare: 17.03
Formula di struttura:



***Proprietà fisiche*:**
gas incolore

Temperatura di ebollizione: -33.34°C a 760 mmHg
Temperatura di fusione: -77.73°C
Densità dei vapori: 0.6 (Aria = 1)
Solubilità in acqua: 54 g/100g di H_2O (a 20°C)
Limiti di esposizione:
TLV ACGIH: 25 p.p.m. (17 mg/m^3) TWA; 0.35 p.p.m. (24 mg/m^3) STEL @ NTP
PEL OSHA: 50 p.p.m., (35 mg/$m^{3)}$ TWA @ NTP
REL NIOSH: 25 p.p.m. (17 mg/m^3) TWA; 0.35 p.p.m. (24 mg/m^3) STEL @ NTP
Parametri di rivelabilità olfattiva: Odore penetrante, soffocante e pungente.
Soglia olfattiva: 5 p.p.m.

Impieghi

L'ammoniaca si trova in commercio generalmente come liquido sotto pressione o come soluzione acquosa.
Ha innumerevoli impieghi: è la materia prima per la produzione di fertilizzanti azotati, di svariati composti inorganici ed organici e di resine sintetiche contenenti azoto. Trova impiego nella produzione di esplosivi, nell'industria mineraria e metallurgica, nella depurazione e sterilizzazione delle acque, nell'industria petrolifera, nelle industrie tessili e come fluido criogenico nell'industria del freddo **[5]**.

Effetti sull'uomo

L'ammoniaca, in ragione della sua solubilità in acqua, è un forte irritante per gli occhi, la pelle e l'apparato respiratorio. E' assorbita nell'organismo per inalazione.
L'esposizione acuta causa irritazione agli occhi e all'apparato respiratorio, raucedine, tosse violenta; a concentrazioni più elevate può comportare seri danni visivi, edema polmonare, dispnea, broncospasmi. Il contatto diretto con l'ammoniaca liquefatta provoca ustioni e gravi lesioni oculari.
L'esposizione cronica può causare irritazioni degli occhi, del naso e delle alte vie respiratorie, con tosse e difficoltà di respirazione.

Materiali e metodi

Glutaraldeide

Si è fatto riferimento alla metodica NIOSH 2532 (IV ed., 8/15/94) **[9]**.

Per il campionamento sono state utilizzate :
fiale della ditta SKC (226-119) in gel di silice (6x110 mm, 150/300 mg)
pompe SKC, (modello 224-52) portata pari a 0.25 l/min.
tempo di campionamento pari a 2 ore

Sono stati effettuati, in parallelo, campionamenti personali ed ambientali.
Per i campionamenti ambientali, la fiala è stata posta in prossimità delle sviluppatrici, ad un'altezza di 150 cm da terra.
La metodica analitica prevede la formazione del bis 2,4 dinitrofenilidrazone della glutaraldeide (glut.-DNPH) e la successiva determinazione mediante tecnica HPLC-UV/Vis. L'idrazone si forma *in situ* all'interno della fiala di campionamento, contenente gel di silice e 2,4 dinitrofenilidrazina (DNPH).
Gli strati adsorbenti della fiala (front e back) sono stati separati, inseriti in vials da 4 ml e trattati entrambi con il solvente estraente (acetonitrile, 3ml).
L'estrazione è stata effettuata in agitazione meccanica per circa 2ore. L'estratto è stato filtrato tramite filtri monouso a membrana di PTFE (porosità 0.45 µm) e successivamente analizzato tramite HPLC.

Strumentazione e condizioni
Pompa HPLC: TermoQuest SpectraSeries P200;
Rivelatore: DAD SpectraSYSTEM UV 3000 λ = 365 ± 1µm;

Colonna: Supelco LC8, Lunghezza 15 cm, D.I. 4.6 mm, porosità 5 µm;
Eluente: acetonitrile-acqua, 65/35 (v/v). Flusso = 1.5 ml/min, Loop = 20 µl.
Il cromatogramma, nelle condizioni di analisi, presenta 2 picchi relativi a due isomeri geometrici (EZ, EE) del bis 2,4 dinitrofenilidrazone, per cui per l'analisi quantitativa sono state sommate le area di entrambi i picchi (fig. 1).

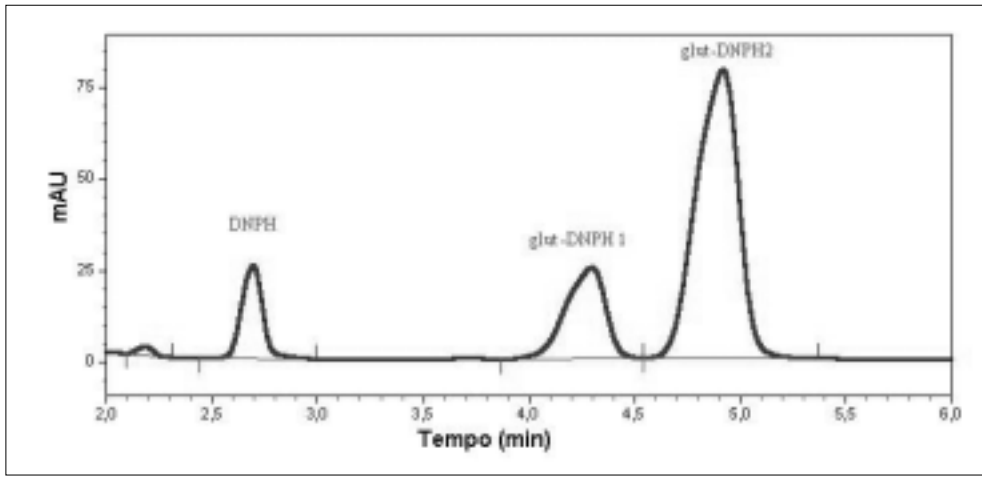


Fig. 1: Esempio di cromatogramma tipo.

Calibrazione
La calibrazione del sistema è stata eseguita iniettando in fiala quantità variabili di una soluzione standard di glutaraldeide comprese tra 0.8 µg e 12 µg. (fig. 2).

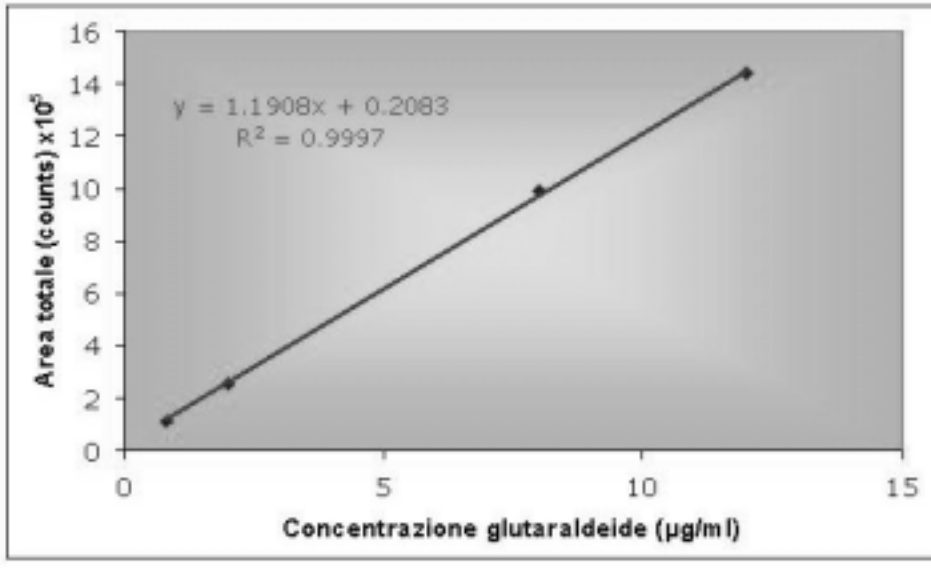


Fig. 2: Retta di taratura strumentale.

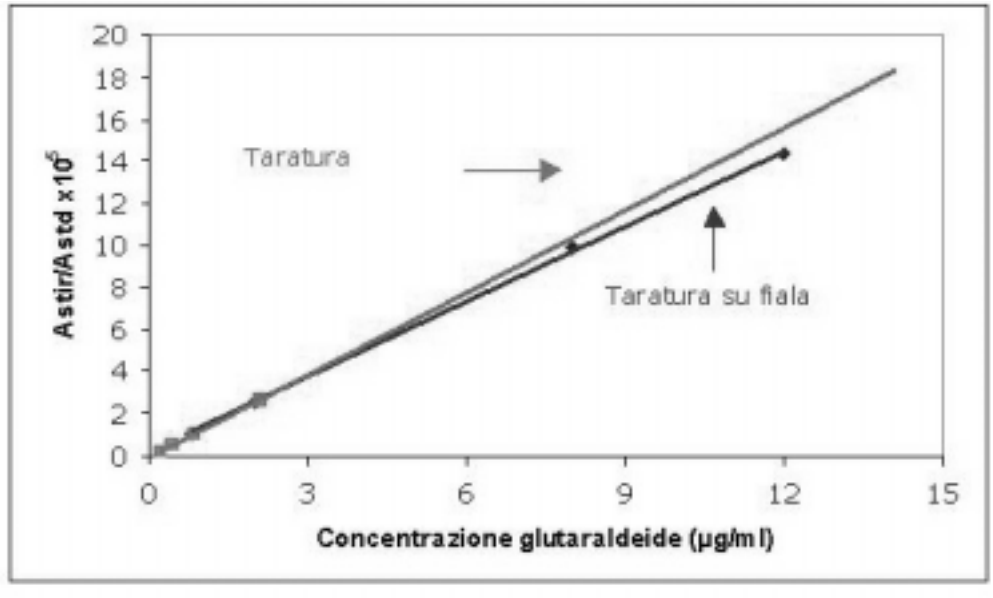


Fig. 3: Rette di taratura.

L'efficienza di recupero è stata valutata preparando 5 soluzioni standard di gluta-DNPH nello stesso range di concentrazione. Essa è risultata pari al 95% fino a 2.4 µg, in accordo con la metodica di riferimento. Sono state riscontrate efficienze di recupero inferiori per valori di glutaraldeide superiori a 5 µg. (fig.3)

Ogni campione è stato iniettato due volte per verificare la consistenza delle aree.
I valori del limite di rivelabilità (LOD) e del limite di quantificazione (LOQ) strumentale sono stati rispettivamente: LOD = 0.07µg in fiala, LOQ = 0.21µg in fiala.

Acido acetico

Si è fatto riferimento alla metodica NIOSH 1603 (IV ed., 8/15/94) **[10]**.

Per il campionamento sono state utilizzate :
- fiale della ditta SKC (226-01) in carbone attivo, (6x70 mm, 50/100 mg)
- pompe SKC (modello 224-52), portata pari a 1 l/min.
- tempo di campionamento pari a 4 ore

Sono stati effettuati, in parallelo, campionamenti personali ed ambientali.
Per i campionamenti ambientali, la fiala è stata posta in prossimità delle sviluppatrici, ad un'altezza di 150 cm da terra.
Il metodo prevede l'eluizione dell'analita con 1 ml di soluzione di acido formico, contenente lo 0.1 % di acido propionico quale standard interno, e la successiva rivelazione ed identificazione tramite GC-FID su colonna capillare.

Strumentazione e condizioni

Le specifiche dello strumento utilizzato sono le seguenti:
- GC Unicam Pro GC dotato di controllore elettronico automatico delle pressioni di split e colonna, con rivelatore a ionizzazione di fiamma.
- Acquisizione/elaborazione del segnale cromatografico effettuata con software/hardware Chromcard versione 1.19 della Carlo Erba Instruments operante su sistema operativo MS Windows 95.

Le condizioni di analisi sono state le seguenti:
- Colonna capillare : Supelco "Nukol", 30 m x 0.53 mm, 0.50 µm film thickness. Gas di trasporto: elio.
- Temperatura forno: isoterma a 100°C
- Pressione in testa alla colonna 17 psi e rapporto di split 17/3
- Iniettore: temperatura 230°C
- Rivelatore: temperatura 250°C

Calibrazione

La calibrazione del sistema è stata eseguita iniettando in colonna 1 ml di soluzioni standard di acido acetico a concentrazioni comprese tra 0.984 e 1040 mg/ml (fig. 4).

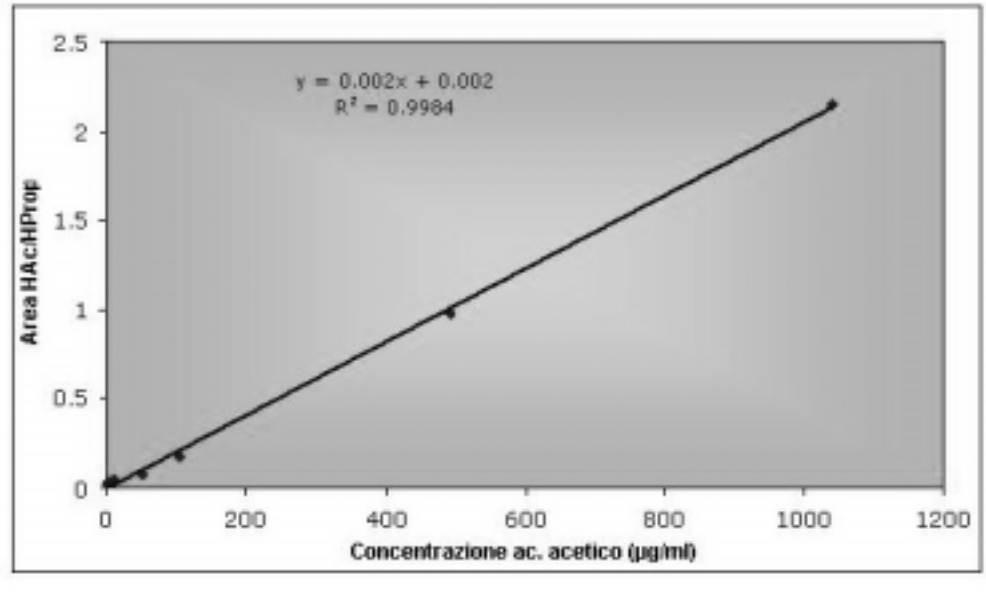


Fig. 4: Retta di calibazione.

Un tipico cromatogramma è riportato nella figura successiva

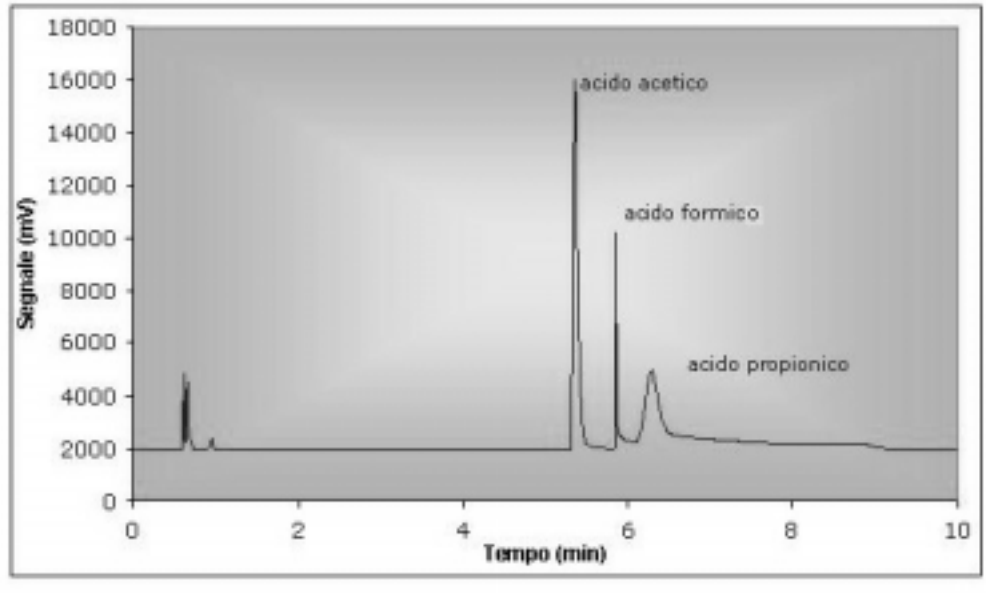


Fig. 5: Cromatogramma tipo dell'acido acetico.

Il LOD per l'acido acetico è pari a 0.1 µg in fiala.

Anidride solforosa

E' stata utilizzata la sonda BSO 111 a cella elettrochimica della ditta L.S.I. (campo di misura: 0-20 ppm; risoluzione: 0.1 ppm) collegata al multiacquisitore BABUC A della ditta L.S.I. Le misure sono state effettuate in continuo, per un tempo pari a 60 min.

Ammoniaca

E' stata utilizzata la sonda BSO115 a cella elettrochimica della ditta L.S.I. (campo di misura: 0-50 ppm; risoluzione: 0.5 ppm) collegata al multiacquisitore BABUC A della ditta L.S.I. Le misure sono state effettuate in continuo, per un tempo pari a 60 min.

Risultati e conclusioni

L'indagine ambientale svolta nei locali adibiti allo sviluppo di lastre radiografiche (camere oscure) ha permesso di conoscere i fattori di rischio presenti in questi ambienti e di valutare l'esposizione ai più comuni agenti chimici.
Questa indagine è nata dall'esigenza di adeguarsi alle più recenti normative in materia di sicurezza e salute nei luoghi di lavoro, verificando, in concreto, le effettive condizioni di rischio, prescindendo dagli aspetti puramente formali e da informazioni tratte esclusivamente dalla letteratura.

Le Sedi oggetto dell'indagine sono state: Palermo 1, Palermo 2, Agrigento, Caltanissetta, Messina, Milazzo, Ragusa e Siracusa.
Nelle sopraddette Sedi, la concentrazione di tutti gli agenti chimici sottoposti ad analisi è risultata inferiore ai rispettivi limiti di rivelabilità del metodo utilizzato (vedi materiali e metodi) ed ampiamente inferiore ai rispettivi limiti di soglia adottati dall'ACGIH.
C'è da considerare che il limite di soglia olfattiva di alcuni composti, ad esempio l'acido acetico, è estremamente basso; questo fattore influisce sulla percezione soggettiva circa la salubrità dell'ambiente di lavoro. In particolare, all'inizio della giornata lavorativa, si avverte una sensazione di disagio dovuta "all'accumulo" di vapori nell'ambiente e non smaltiti durante le ore notturne.
In merito al rischio di esposizione agli agenti chimici analizzati, si può certamente concludere che questo è estremamente basso nella normale attività di sviluppo delle lastre.
Necessitano invece di particolare attenzione le operazioni svolte per la preparazione delle soluzioni di sviluppo e di fissaggio. Le soluzioni poste in commercio, infatti, contengono acido acetico ad elevate concentrazioni che potrebbe essere causa di ustioni.
Il rischio principale per i tecnici di radiologia è quindi imputabile alla probabilità che si verifichi un infortunio (schizzi, versamenti accidentali, ecc.) piuttosto che all'esposizione cronica ai composti presenti.
Tuttavia, specie per quanto riguarda la glutaraldeide, è necessario tenere in considerazione la possibilità che i composti presenti abbiano effetti sensibilizzanti, i quali possono manifestarsi anche a concentrazioni ridotte.

A tal fine, sarebbe opportuno, oltre che "imposto dal D.L.vo 626/94" (art.3 - "sostituzione di ciò che è pericoloso con ciò che non lo è, o è meno pericoloso"), utilizzare prodotti in cui concentrazione dei componenti più pericolosi sia la più bassa possibile.
Come evidenziato nelle tabelle 1/a e 1/b la percentuale di glutaraldeide è variabile da prodotto a prodotto, ed in alcuni casi è addirittura assente.
Per evitare contatti accidentali durante la preparazione delle soluzioni è consigliabile utilizzare prodotti già pronti per l'uso, evitando in tal modo le operazioni di mescolamento del contenuto di diverse confezioni.
Pertanto, sulla necessità di utilizzare dispositivi di prevenzione, sia collettivi sia individuali, si ritiene opportuno:

- la presenza di sistemi di areazione di aria ambiente, funzionanti anche per alcune ore prima e dopo l'utilizzo della macchina, ad una portata di almeno 10 ricambi/ora;
- l'adozione di una vasca di contenimento per i recipienti di raccolta delle soluzioni esauste, provvista di sistema per l'abbattimento di vapori, specie nel caso non fosse possibile sistemare questi recipienti all'esterno della camera oscura;
- l'utilizzo di guanti monouso, mascherina contro i vapori acidi ed organici e di occhiali di protezione in tutte le fasi di preparazione dei bagni di sviluppo e di fissaggio.

AGENTI FISICI

Generalità sul benessere termico negli ambienti moderati

I Decreti Legislativi 626/94 (art. 3 - Misure generali di tutela; art. 33 - Adeguamenti di norme: Temperatura dei locali, ecc.) e 242/96 (art. 27 - Integrazione all'allegato IV del D.Lgs. 626/94; art. 29 - Integrazione all'allegato VII del D.Lgs. 626/94) prospettano, solo in generale, le problematiche del comfort e della sicurezza degli ambienti di lavoro dal punto di vista termico, diversamente da quanto è dato rilevare dalle norme di "buona tecnica", I.S.O. ed U.N.I..

Gli ambienti di lavoro definiti "moderati", quali gli uffici, ed altre realtà produttive, quali ad esempio le attività di servizi, presentano le seguenti caratteristiche:

- condizioni ambientali piuttosto omogenee e con ridotta variabilità nel tempo;
- assenza di scambi termici tra soggetto ed ambiente che abbiano effetti importanti sul bilancio termico complessivo;
- attività fisica modesta e sostanzialmente analoga per tutti i soggetti (1.2 - 1.0 met - misura del metabolismo energetico -);
- sostanziale uniformità del vestiario indossato (0.5 - 1.0 clo - misura della resistenza termica unitaria dell'abbigliamento -);
- aspettativa degli occupanti dell'ambiente per una situazione di comfort termico;
- temperatura operativa 10 - 30 °C.

Per gli ambienti "moderati", si tratta di garantire il raggiungimento del comfort termico o di benessere termoigrometrico, definito *dal punto di vista psicologico* come lo stato psicofisico in cui il soggetto esprime soddisfazione nei riguardi dell'ambiente termico, oppure, *dal punto di vista sensoriale* come la condizione in cui il soggetto non rileva né sensazione di caldo né sensazione di freddo, ossia una condizione termoigrometricamente neutra, delegata, questa, al sistema di termoregolazione del corpo umano.

La valutazione delle condizioni di benessere termico comporta la rilevazione di sei variabili indipendenti, ossia:

- quattro "parametri fisici"

- temperatura dell'aria, Ta;
- velocità dell'aria, Va;
- grado igrometrico o umidità relativa, Urel ;
- temperatura media radiante, Tr;

- due grandezze "personali"

- il metabolismo energetico, espresso in met, funzione dell'attività compiuta dal soggetto
- la resistenza termica dell'abbigliamento, espressa in clo,

Materiali e metodi

Per gli ambienti moderati, si tratta di valutare lo scostamento delle condizioni reali da quelle di benessere, mediante opportuni "***indici di comfort globale***", che sono funzione dei valori delle sei variabili da cui il comfort dipende.
Gli indici esprimono la risposta media di un gran numero di soggetti, il che significa che per valori dell'indice corrispondenti a condizioni di benessere ci possono comunque essere individui che avvertono sensazione di caldo o di freddo.
Per gli ambienti moderati viene fatto riferimento alla normativa ***ISO 7730*** - *"Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*" (ossia la UNI -EN 27730) e quindi vengono utilizzati gli indici PMV e PPD.

$$PMV = CT\,(0.303\ e^{-0.036\ M} + 0.0275)$$

in cui:
M = dispendio metabolico (Wm^{-2})
CT = carico termico agente sul soggetto

$$PPD = 100 - 95\ e^{-(0.03353\ PMV^4 + 0.2179\ PMV^2)}$$

I valori dell'indice PMV (Predicted Mean Vote) sono definiti su una scala bipolare a 7 punti (da + 3 a - 3), nel seguente modo:

Voto	Sensazione
+ 3	molto caldo
+ 2	caldo
+ 1	leggermente caldo
	né caldo né freddo
- 1	leggermente freddo
- 2	freddo
- 3	molto freddo

L'indice PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) garantisce le condizioni di benessere termico microclimatico, quando assume valori compresi fra il 5 e il 10 %, corrispondente all'intervallo di PMV compreso fra - 0.5 e + 0.5.
Fanger ha definito l'indice PPD come la percentuale prevista di insoddisfatti, correlandola col PMV; in questo modo ha ottenuto:
- per PPD pari al 5 %, il PMV è uguale a 0;
- per PPD pari a 10 % il PMV risulta pari a + 0.5/-0.5, ossia ai limiti dell'intervallo di benessere termico.

Le condizioni -0.5 <PMV< +0.5 e 5 % <PPD< 10 %, rappresentano pertanto condizioni necessarie ma non sufficienti per il comfort, in quanto deve essere anche nullo il "discomfort" dovuto a disuniformità delle variabili ambientali, per la presenza di correnti d'aria, misurato dall'indice DR (percentuale di insoddisfatti per correnti d'aria) per il quale la norma ISO 7730 ha fissato il valore limite del 15 %).
Per la determinazione delle grandezze fisiche necessarie alla definizione degli indici microclimatici d'interesse sono state utilizzate le sotto elencate sonde della ditta L.S.I., collegate al multiacquisitore BABUC A. Le misure sono state eseguite in continuo, per un tempo pari ad un'ora.
- Anemometro a filo caldo (Cod. BSV101; campo 0-50 m/s, soglia 0.01 m/s)
- Psicrometro a ventilazione forzata con serbatoio d'acqua distillata (Temp. -50,+150°C; %UR 0-100)
- Globotermometro in rame nero opaco (Riflessione < 2%; Temp. -50,+600°C)
- Sonda per temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale (Temp. -50,+600°C)

Grandezze fisiche monitorate

- Velocità dell'aria
- Temperatura secca dell'aria (Ta)
- Temperatura di bulbo umido a ventilazione forzata (Tw)
- Temperatura globotermometrica (Tg)
- Temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale (Tun)

Risultati e conclusioni.

Nella tabella n.3 sono riportati sia i valori delle grandezze fisiche misurate in ogni Sede, sia gli PMV, PPD e DR.
Il valore utilizzato per la resistenza termica all'abbigliamento è pari a 0.6 clo e 0.7 clo, rispettivamente per i soggetti femminili ed i soggetti maschili, corrispondente ad un "Abbigliamento intermedio".
La potenza metabolica specifica per l'attività dei tecnici ("attività di laboratorio") è pari ad 1.80 met.
Dai dati emerge che in nessun ambiente sono presenti "condizioni di discomfort" (DR<15%), dovuti alla presenza di correnti d'aria;
Per le Sedi di Siracusa e Ragusa si evidenziano indici di PMV leggermente superiori al valore guida (0.5), mentre, per le Sedi di Agrigento, Milazzo e Messina tale scostamento è nettamente maggiore e la percentuale di insoddisfatti (PPD) supera il valore limite consigliato (10%).
Nei laboratori delle suddette Sedi sarebbe opportuno provvedere ad un intervento migliorativo, mirato inizialmente a garantire un maggior ricambio d'aria potenziando la ventilazione.
Un aumento della velocità dell'aria, infatti, farebbe ridurre gli indici PMV, oltre a rendere più salubre l'aria dal punto di vista degli agenti chimici presenti.
Le camere oscure dei laboratori delle Sedi di PALERMO 1, PALERMO 2 e CALTANISSETTA mostrano condizioni microclimatiche più consone a garantire uno stato di benessere termico; per essi i valori di PMV oscillano fra -0.19 di PA1 e -0.01 di PA2, ed i valori di PPD sono molto prossimi al valore del 5 %, risultando compresi tra 500 (PA2) e 5.72 (PA1).

Tabella 3

SEDE INAIL	Ta (°C)	Tg (°C)	Tun (°C)	Tw (°C)	Urel %l	Va (m/sec)	PMV	PPD	DR
PA 1	20.7	20.22	16.29	15.49	57.5	0.04	-0.19	5.72	0.00
PA 2	20.5	20.04	16.69	15.79	61.4	0.02	-0.01	5.00	0.00
PA 1	20.6	20.34	16.87	15.89	60.9	0.01	-0.13	5.34	0.00
CL	20.6	20.20	16.23	14.73	52.4	0.03	-0.02	5.01	0.00
ML	24.7	24.52	19.78	18.29	53.8	0.03	0.80	18.61	0.00
ME	24.9	23.67	19.95	18.91	56.6	0.00	0.69	14.92	0.00
AG	25.3	25.24	18.53	16.97	42.4	0.02	0.88	21.36	0.00
SR	23.9	23.76	20.00	19.00	62.7	0.03	0.56	11.61	0.00
RG	23.7	23.33	18.42	16.93	50.1	0.02	0.58	12.07	0.00

BIBLIOGRAFIA

[1] **D.L.vo 19 settembre 1994 n. 626:** Attuazione delle direttive 89/391CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro. Pubblicato su : Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 265 del 12/11/1994;
D.L.vo 19 marzo 1996 n. 242: Modifiche ed integrazioni al D.L.vo 19 settembre 1994 n.626, recante attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro. Pubblicato su : Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 104 del 06/05/1996.

[2] **Eastman Kodak Company:** Results of air sampling studies conducted around Kodak X-Ray processors.

[3] **G.E. Byrns et al.:** Chemical Hazards in Radiology - Applied Occupational and Enviromental Hygiene, Vol. 15(2): 203-208, 2000.

[4] **P.J. Hewitt:** Occupational health problems in processing of X-ray photographic films - Ann. Occup. Hyg. Vol 37(3): 287-295, Jun 1993.

[5] **I. Villavecchia et al.:** "Nuovo dizionario di merceologia e chimica applicata" - Hoepli, 1982.

[6] **F. Di Stefano et al.:** Occupational asthma due to glutaraldeyde - Monaldi Arch. Chest. Dis., Vol. 53(1): 50-55, Feb. 1998.

[7] **P. F. Gannon et al.:** Occupational asthma due to glutaraldehyde and formaldehyde in endoscopy and x ray departments - Thorax, Vol. 50(2): 156-159 Feb. 1995.

[8] **D. Zissu:** Evaluation des effets du glutaraldehyde sur la santè en milieu professionnel - Hygiene et securitè du travail N° 176: 11-16, 1999.

[9] **NIOSH:** Metodo 2532 - IV ed., 08/15/1994.

[10] **NIOSH:** Metodo 1603 - IV ed., 08/15/1994.

VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO DA SOLVENTI NELL'INDUSTRIA DI MANUFATTI IN MATERIALE COMPOSITO: IL CASO DELLE VETRORESINE

*G. Papa**, A. Carella**, F. Ruspolini***, L. Taglieri***, M.I. Barra*, P. De Blasi*, M.R. Fizzano*, G. Gargaro*, R. Giovinazzo*, P. La Pegna**

* INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.
** INAIL - Direzione Regionale Marche - Consulenza Tecnica Accertamento Rischie e Prevenzione.
*** INAIL - Direzione Regionale Umbria - Consulenza Tecnica Accertamento Rischie e Prevenzione.

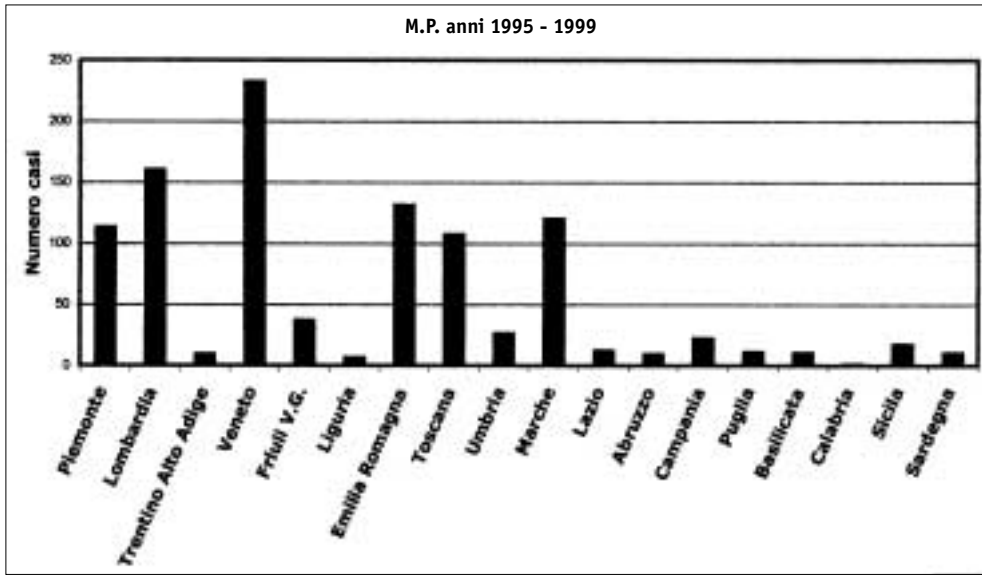
RIASSUNTO

Nei comparti lavorativi in cui viene prodotta e/o utilizzata la vetroresina si realizzano condizione di esposizione multipla a vapori di sostanze chimiche e particolato.
Il principale problema dal punto di vista igienistico è rappresentato dalla presenza in aria di stirene e fibre di vetro.
Le loro concentrazioni variano in funzione delle fasi del ciclo tecnologico e dei sistemi di abbattimento utilizzati, per cui è sempre necessario un monitoraggio ambientale che permetta di descrivere l'effettiva esposizione dei lavoratori a tali sostanze.
Vengono presentati i risultati di un'indagine ambientale preliminare condotta in alcune industrie umbro-marchigiane del settore "lavorazione vetroresina".
In particolare, lo studio è rivolto alla determinazione dello stirene, delle fibre di vetro, all'analisi degli altri fattori di rischio chimico ed alla determinazione dei rispettivi livelli di esposizione tramite l'utilizzo delle tecniche GC, GC/MS.

Introduzione

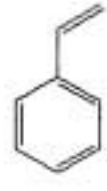
E' noto che nel settore della produzione di manufatti in materiali compositi a base di resina stirolica e fibre di vetro ci sia un rilevante inquinamento dovuto alla dispersione ambientale di stirene monomero e delle fibre stesse.
Il lavoro preliminare che si presenta è finalizzato a studiare il fenomeno nei comparti produttivi di dimensioni medio-piccole, ciò sia allo scopo di razionalizzare ed uniformare i metodi di campionamento ed analisi che per studiare l'organizzazione del lavoro e i sistemi di captazione e abbattimento degli inquinanti.
I successivi interventi saranno focalizzati sul dosaggio dell'inquinamento da fibre di vetro e si inizierà l'accertamento in ditte di maggiori dimensioni più organizzate dal punto di vista della gestione della sicurezza.

Tab. I. Distribuzione dei casi di malattia professionale relativi alla voce di tariffa 2197 per il quinquennio 1995-1999.

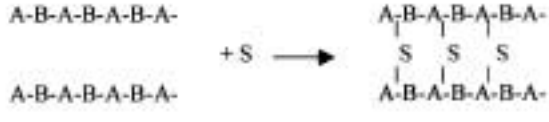


Stirene: caratteristiche chimico-fisiche

Lo stirene è un idrocarburo aromatico appartenente alla classe degli areni monociclici. E' prodotto per deidrogenazione catalitica dell'etilbenzene e trova larga applicazione nella sintesi delle materie plastiche utilizzate nell'industria navale, aeronautica, automobilistica, etc.



In generale lo stirene viene utilizzato sia come monomero nella sintesi di polimeri che come diluente delle resine e dei gelcoat nella lavorazione delle vetroresine.
In particolare, nei cicli produttivi oggetto della nostra indagine, lo stirene (S) funge, oltre che da diluente, da reticolante tra catene polimeriche (A-B) di resine poliesteri fluide. Il polimero così ottenuto risulta essere tridimensionale, duro, resistente a corrosione e sollecitazioni meccaniche.



E' considerato inquinante ubiquitario, perché rilevato in basse concentrazioni nelle riserve idriche naturali e nell'atmosfera urbana. Tuttavia il suo rilascio nell'ambiente, oltre che di origine industriale, è anche dovuto agli scarichi gassosi automobilistici, a processi di combustione ed incenerimento, al fumo di sigaretta [1,2,3].
La tab. II riassume le principali caratteristiche chimico-fisiche dello stirene

Tabella II

Formula bruta	C_8H_8
Peso molecolare	104,15 U.M.A.
Punto di ebollizione	145-146 °C
Punto di fusione	-30,63 °C
Densità	0,9059 g/ml a 20°C
Pressione di vapore	6,6 mm Hg a 25 °C
Fattore di conversione	1 ppm = 4,26 mg/m^3 (NTP)*
Flash point (Cleveland open cup)	31,1 °C

(Howard, 1990; Merck, 1989; Sax, 1987; Sax, 1989)
*NTP = Normal temperature and pressure, 298 K, 760 mmHg

Tossicologia dello stirene

A causa del larghissimo impiego e dei potenziali effetti dello stirene sulla salute, dagli anni '60 sono stati condotti numerosi studi epidemiologici e di monitoraggio ambientale di tale sostanza nei luoghi di lavoro. Una recente analisi statistica condotta dalla NIOSH (National Istitute of Occupational Safety and Health) sui dati relativi alle misurazioni effettuate nel periodo 1972-1996 per stimare l'esposizione occupazionale allo stirene in Norvegia, nel comparto della produzione delle plastiche rinforzate, dimostra una diminuzione dei livelli d'esposizione: da una media di 62 ppm rilevata negli ambienti di lavoro agli inizi degli anni '70 si è scesi a 7.1 ppm negli anni '90[4]. I livelli più alti di concentrazione ambientale si registrano, in ogni caso, nel settore della produzione degli scafi d'imbarcazione. Una simile diminuzione, osservata anche in diversi altri Paesi, è probabilmente riconducibile all'accresciuta sensibilizzazione internazionale nei confronti dell'esposizione occupazionale allo stirene e dei suoi effetti sulla salute e all'abbassamento dei limiti d'esposizione negli ambienti di lavoro a rischio.

Tabella III

Stirene: limiti di esposizione ed indicatori biologici (ACGIH, 1999)

Stirene monomero (vinilbenzene)	*TLV-TWA* 20 ppm (85 mg/m3, NTP)	*STEL* 40 ppm (170 mg/m3, NTP)
Indicatori biologici (IBE)	*IBE a fine turno*	*IBE a inizio turno successivo*
acido mandelico nelle urine	800 mg/g creatinina	300 mg/g creatinina
acido fenilgliossilico nelle urine	240 mg/g creatinina	100 mg/g creatinina
stirene nel sangue venoso	0,55 mg/L	

Esposizione ed effetti sulla salute umana

L'esposizione occupazionale allo stirene liquido o in fase di vapore può avvenire per inalazione, ingestione e contatto con la pelle, le mucose e gli occhi durante la produzione, l'utilizzo, il trasporto di tale sostanza o la decomposizione termica di alcune plastiche. La principale via di esposizione è quella inalatoria, mentre l'assorbimento attraverso la cute è noto essere significativamente inferiore[5].
Gli effetti sull'uomo sono correlati alla dose assorbita, alla frequenza e durata dell'esposizione, allo stato di salute del lavoratore esposto. Lo stirene è caratterizzato da un basso livello di tossicità acuta (LD50 orale, ratto= 5g/Kg; LC50 inalatoria, ratto= 6000 ppm per esposizione di 4 ore) e come tutti gli idrocarburi aromatici manifesta proprietà irritanti per contatto con la pelle ed è neurotossico[1]
L'esposizione a breve termine a vapori di stirene può indurre irritazione agli occhi, naso, gola e alle vie aeree; alti livelli di esposizione possono causare effetti neurologici, quali debolezza, sonnolenza e perdita di coscienza (O.S.H.A., 1999). Il ripetuto contatto dello stirene con la pelle genera infiammazioni, eritemi, pelle ruvida e secca, a causa delle proprietà sgrassanti che caratterizzano tale sostanza. Gli effetti cronici includono nausea, astenia, depressione generale, alterata visione dei colori, aumento dei tempi di reazione, aumento della soglia uditiva etc[6].
Tra i possibili effetti è ipotizzata anche un'azione a carico del sistema immunitario ed endocrino, dei reni, del fegato e pancreas e cambiamenti nella composizione delle proteine e delle cellule del sangue[2].
Dopo l'assorbimento, lo stirene è prontamente metabolizzato: nell'uomo i due principali metaboliti urinari sono l'acido mandelico (AM) e l'acido fenilgliossilico (AFG), correntemente adottati per il monitoraggio biologico dei lavoratori esposti (Tab. III). Il tasso di biotrasformazione dello stirene è molto alto (>90 %): pertanto, dopo l'esposizione, piccole quote di stirene assorbito vengono escrete tal quali con l'aria espirata (<5 %) e con le urine (<1 %)[8]. E' stata osservata, infine, una correlazione tra i livelli esterni di esposizione allo stirene e i corrispondenti valori di concentrazione urinaria.
Lo stirene non escreto sembra accumularsi preferibilmente nel tessuto adiposo.
Limitate sono per l'uomo le evidenze di cancerogenicità e genotossicità dello stirene, per ora dimostrate solo a livello sperimentale su animali da laboratorio. Lo IARC ha classificato lo stirene nel Gruppo 2B (possibile cancerogeno per l'uomo); particolarmente attivo e dotato di capacità mutagene si è dimostrato l'intermedio metabolico stirene-3,4-ossido.
Lo stirene è in grado di attraversare la placenta: sono stati riferiti alcuni effetti a carico del sistema nervoso centrale nella prole di lavoratrici esposte durante la gravidanza, mentre altri studi suggeriscono un aumento del rischio di aborto spontaneo[1]. In generale, però, non si è ancora pervenuti a nulla di conclusivo circa la tossicità riproduttiva e dello sviluppo dello stirene conseguente all'esposizione occupazionale.

Ciclo tecnologico

Il ciclo tecnologico di produzione di manufatti in vetroresina, caratterizzato da una lavorazione prevalentemente manuale, si articola nelle seguenti fasi:

- realizzazione del modello
- realizzazione dello stampo
- lucidatura e applicazione del mezzo distaccante
- applicazione gelcoat
- applicazione di resina e rinforzi

- estrazione del pezzo dallo stampo
- rifinitura pezzo
- imballaggio e stoccaggio prodotto finito

Modello
Il modello è spesso fornito direttamente dal committente. In caso contrario l'azienda procede alla costruzione del modello sulla base di uno specifico progetto. A tale scopo si utilizzano materiali facilmente lavorabili e modellabili quali creta, legno e polistirolo espanso. Tali materiali sono levigati e carteggiati in modo da ottenere una superficie liscia ed omogenea sulla quale è applicato l'alcool polivinilico quale mezzo distaccante per facilitare la successiva estrazione dello stampo dal modello stesso.

Stampo
Dal modello è creato lo stampo in vetroresina (secondo le medesime fasi lavorative che portano alla produzione del manufatto finito). Lo stampo, perfettamente pulito, è ricoperto da un film sottilissimo di una cera paraffinica o siliconica (distaccante).

Applicazione gelcoat
Consiste nella ricopertura dello stampo (o del modello nel caso della preparazione dello stampo) con una soluzione di resina poliestere isoftalica contenente il 30-35% di stirene monomero, e pigmenti ed agenti acceleranti e stabilizzanti. Tale ricopertura costituirà la superficie esterna del manufatto finale. La gelcottatura può essere effettuata mediante pennello (manufatti di dimensioni medio piccole) o a spruzzo. Lo strato così preparato, una volta indurito, risulterà pronto per la fase successiva di preparazione vera e propria del prodotto, detta resinatura.

Resinatura
La resinatura consiste nella deposizione sullo stampo di numerosi ritagli di fibra di vetro impregnati, per spalmatura a pennello, di resina poliestere-stirene addizionata di un catalizzatore di polimerizzazione (metiletilchetone perossido).
Man mano che sono applicati i successivi strati, viene passato più volte un rullo a lame discoidali per evitare la formazione di bolle d'aria.
La resinatura può essere anche eseguita in maniera semiautomatica tramite un macchinario detto "tagliaspruzzo". Tale macchina è costituita da una pistola cui giungono aria compressa, resina opportunamente dosata e fibra di vetro. Mediante la pistola sono spruzzate sullo stampo la resina e la fibra di vetro (sminuzzata da una lama mobile situata all'interno della pistola stessa). L'utilizzo della "tagliaspruzzo" avviene prevalentemente per i prodotti aventi dimensioni medio grande. A questa fase segue in ogni caso quella manuale di eliminazione delle bolle d'aria.
Nella resinatura, oltre a ritagli di fibre di vetro utilizzate per le applicazioni più diffuse, possono essere adoperati altri tessuti costituiti da fibre di vetro e Kevlar (ARAMAT) o da fibre di carbonio. Generalmente si utilizzano fibre più resistenti in particolari punti soggetti a forti sollecitazioni (per esempio si utilizzano quadrati di fibra di vetro, Kevlar e fibra di carbonio nella parte superiore dei caschi).
Normalmente la "resinatura" del manufatto trova realizzazione nel giro di qualche ora, il tempo di asciugatura superficiale è dell'ordine di 20 minuti, terminato il quale la vetroresina rimane a polimerizzare per circa 24 h a temperatura ambiente. Segue l'operazione di ritaglio dei bordi eccedenti, tramite ausilio di forbici, seghe circolari e levigatrici orbitali.

Distacco
La fase successiva è quella del distacco dallo stampo. Tale operazione è effettuata mediante sol-

lecitazioni meccaniche che nel caso di manufatti di grandi dimensioni (ad esempio scafi navali) richiedono l'uso di argani elettrici e/o meccanici.

Rifinitura
Il manufatto è generalmente soggetto a lavori di ritocco e carteggio per eliminarne le eventuali imperfezioni.

Imballaggio
La preparazione del manufatto a questo punto è terminata e si procede quindi all'imballaggio e allo stoccaggio dello stesso.

Indagine ambientale

Lo studio igienistico-ambientale condotto ha interessato, in questa prima fase, tre impianti di produzione situati nelle regioni Marche (2 aziende) ed Umbria dediti alla produzione di scafi navali, caschi ed altri oggetti in vetroresina.
Si tratta di piccole imprese con un numero di operai compreso tra le 15 e le 30 unità, non aventi competenze specifiche ma adibiti a turno a tutte le mansioni.
Le lavorazioni sono svolte in capannoni industriali; nella ditta Umbria il capannone era dotato di un sistema di aspirazione localizzato.
Si è proceduto alla valutazione dell'esposizione dei lavoratori addetti alle seguenti mansioni:
- verniciatore (resinatore/gelcottatore)
- carrozziere

con particolare attenzione alla prima, poiché, secondo i dati disponibili in letteratura[16,17] a maggior rischio di esposizione.
Sono stati monitorati in totale 17 operai appartenenti alle 3 ditte, su un organico complessivo di 58 persone, come riportato nella tabella sottostante.

Tabella IV

	Marche 1		**Marche 2**		**Umbria**	
Mansione	*Monitorati*	*Organico*	*Monitorati*	*Organico*	*Monitorati*	*Organico*
Verniciatori	6	12	1	1	6	10
Carrozzieri	1	15		112	2	8

La concentrazione ambientale di stirene è stata determinata posizionando uno o più campionatori d'area per ogni ambiente lavorativo in punti considerati rappresentativi dei livelli di contaminazione.

Materiali e metodi

Campionatori
Sono stati utilizzati campionatori personali SKC- mod. Air check 2000 dotati di un riduttore a bassi flussi (SKC-224-26-CPC) e di un regolatore di flusso (SKC - Adjustable low flow tube holder - Cat. No. 224 -26-01).

Sono state utilizzate fiale a sezione doppia ("front" e "back") con fase stazionaria contenente carbone attivo e 10% di 4-terbutilcatecolo (SKC Tube, treated charcoal Cat. No. 226 - 73). La sezione secondaria delle fiale ("back") è stata usata come verifica della bontà ed efficacia del prelievo controllando l'assenza dell'analita.
Sia nel caso dei campionatori personali che di quelli ambientali le pompe dei campionatori sono state calibrate al flusso di 50 ml/min.
Per valutare l'esposizione professionale sono stati effettuati campionamenti personali dalla durata minima di quattro ore.
Delle fiale sono state inoltre portate a saturazione ("bulk") usando un flusso di 750 ml/min ed altre sono state trattate analogamente alle fiale di campionamento senza però farle campionare, in modo da poter essere considerate come bianco.
In aggiunta sono state utilizzate fiale al carbone attivo (SKC - Anasorb CSC Cat. No. 226 - 01) e al gel di silice (SKC - Tube Silica Gel - Cat. No. 226 - 10), con un flusso di 100 ml/min che sono state analizzate con la tecnica GC/MS, per valutare l'eventuale presenza di altri inquinanti chimici aereodispersi.
Sono stati effettuati anche prelievi con campionatori passivi con strato assorbente in carbone attivo (SKC - Charcoal - Cat. No. 575 - 001).

Analisi strumentale

Per l'analisi dei campioni è stato seguito il metodo indicato dall'OSHA n.89.
E'stato utilizzato un gas-cromatografo UNICAM PRO-GC dotato di rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID).
Le condizioni di analisi sono state le seguenti:

- Colonna capillare : Supelco SPB^{TM}-5 60m x 0,32mm , film thickness 1,0 mm.
- Gas di trasporto: elio
- Programma di temperatura: temperatura iniziale 100°C per 1 min., 5°C/min fino a 150°C, isoterma a 150°C per 0,5 min., 10°C/min fino a 280°C
- Pressione in testa alla colonna in colonna 22 psi, split 40:1
- Iniettore: temperatura 200°C
- Rivelatore: temperatura 300°C

Sono stati utilizzati i seguenti reagenti:

- Stirene: puro al 99,7% della Fluka
- 1-fenil esano: puro al 97% della Aldrich
- Toluene (n-esilbenzene): puro al 99,9% della Riedel-deHaën
- Soluzione desorbente: è stata preparata aggiungendo 125 µl di n-esilbenzene (standard interno) in 500 ml di toluene (215,25 µg/ml)

Preparazione degli standard

E'stata preparata una soluzione standard aggiungendo a 10 ml di toluene una quantità opportuna di stirene fino ad ottenere una concentrazione finale pari a 453 mg/ml.
Successive diluizioni con la soluzione desorbente hanno dato le soluzioni standard utilizzate per la realizzazione della curva di calibrazione. Il coefficiente di determinazione è risultato essere R^2=0,9996 per l'intervallo di concentrazioni indagato, 1,13 -4530 µg/ml,(fig.1).

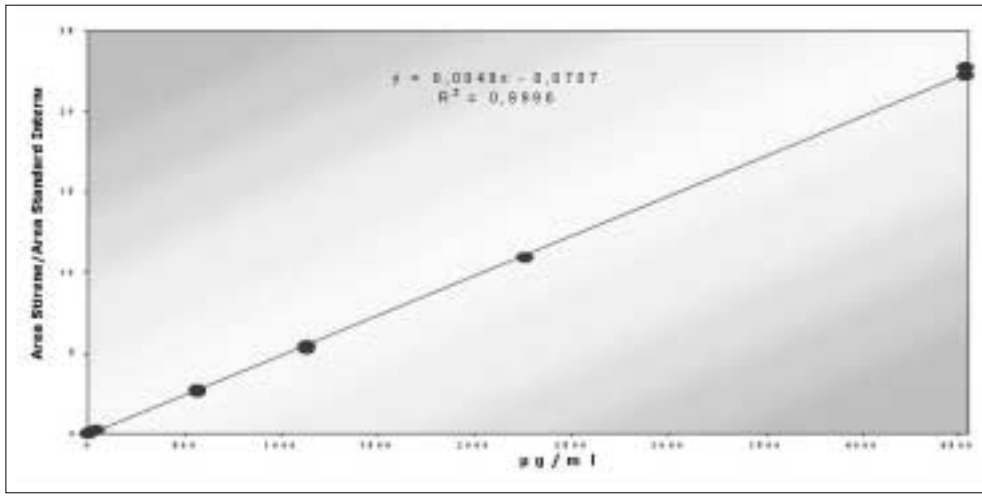


Fig. 1: Retta di taratura dello stirene.

Preparazione del campione

Alla fase stazionaria della fiala, travasata in un vial da 2 ml, è stato aggiunto 1 ml di soluzione desorbente e si è lasciato 30 min. in agitazione.
Un microlitro di surnatante è stato iniettato al gas-cromatografo.
Un esempio di cromatogramma ottenuto è mostrato in fig.2.
Le fasi primaria ("front") e secondaria ("back") sono state analizzate separatamente.
La concentrazione di analita è stata calcolata tramite il metodo dello standard interno e usando le seguenti formule:
stirene mg/m^3= µg analita in fiala, corretto per il bianco / litri campionati (@ NTP)
ppm= (mg/m^3@NTP) * 24,46 / 104,15 ove 104,15 è il peso molecolare dello stirene

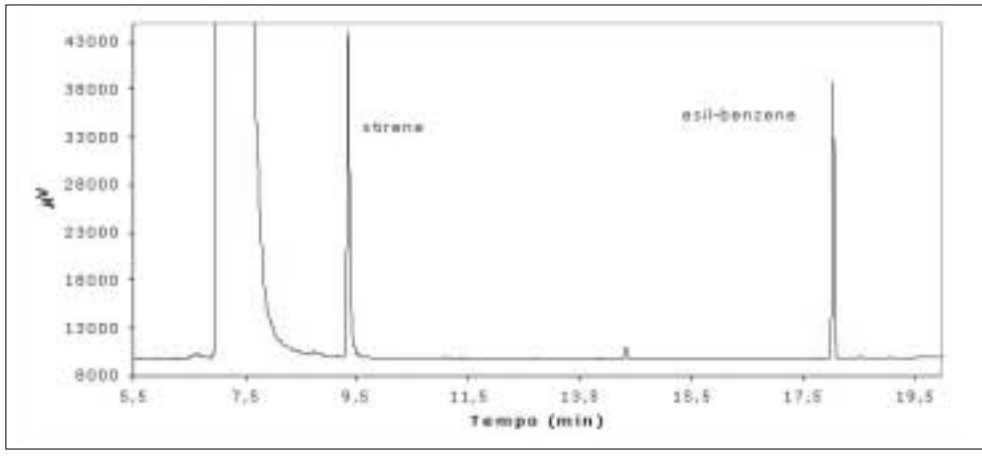


Fig. 2: Cromatogramma stirene.

Recupero

Per controllare l'efficienza del recupero sono state preparate tre serie di fiale iniettando con una microsiringa quantità di stirene pari a 901µg (livello 1), 1800µg (livello 2), 2280µg (livello 3). Le serie sono state conservate in frigorifero ed analizzate rispettivamente dopo 24 ore, 12 e 20 giorni. Si è riscontrata una buona efficienza di recupero nell'arco di tempo indagato, con un valore minimo pari all'86% per la quantità minima introdotta in fiala.
I risultati ottenuti sono riportati in fig.3.

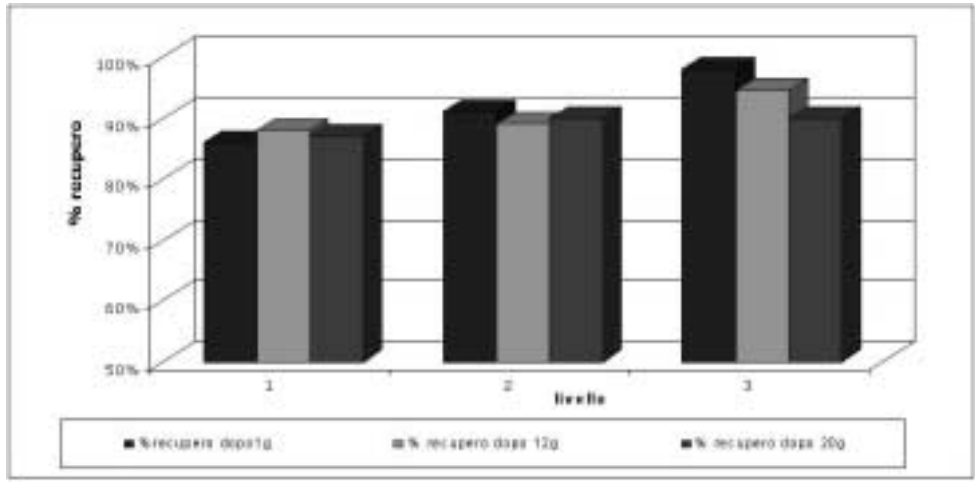


Fig. 3: Efficienza di recupero.

Valutazione sulla presenza di altri inquinanti

Sono state condotte anche analisi mediante GC/MS (Thermoquest Trace 2000-GCQ: colonna capillare SPB-6) per determinare l'eventuale presenza di altre sostanze nocive adsorbite sulle fiale di carbone attivo, sulle fiale di gel di silice e nel bulk (fig.4)
In nessun caso sono stati rilevati picchi significativi ad eccezione del picco dello stirene, il cui spettro di frammentazione è riportato in fig.5.

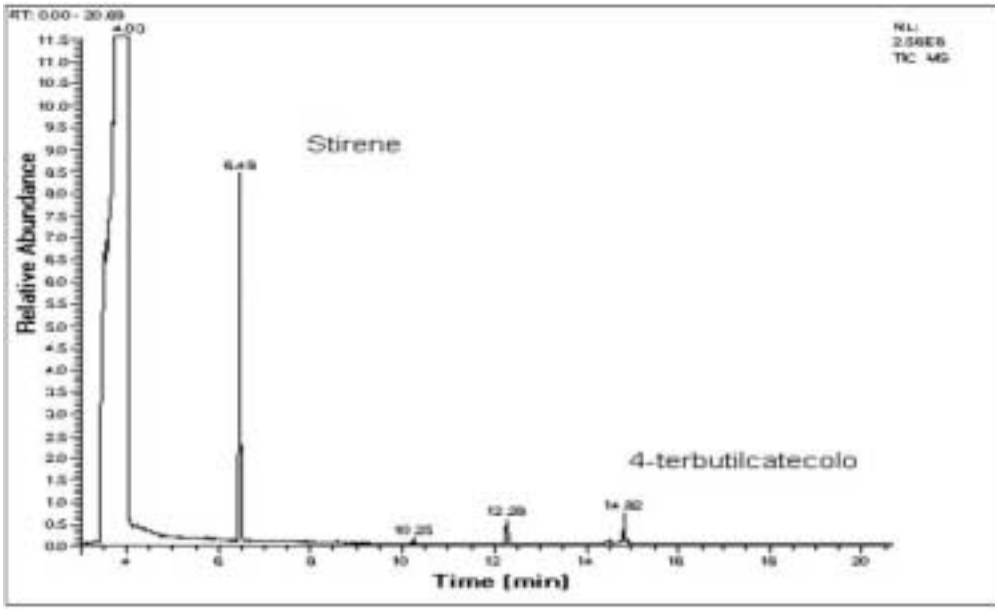


Fig. 4: Cromatogramma relativo al "bulk": sostanze adsorbite su fiala di carbone attivo con 10% di 4-terbutilcatecolo al flusso di 750 ml/min.

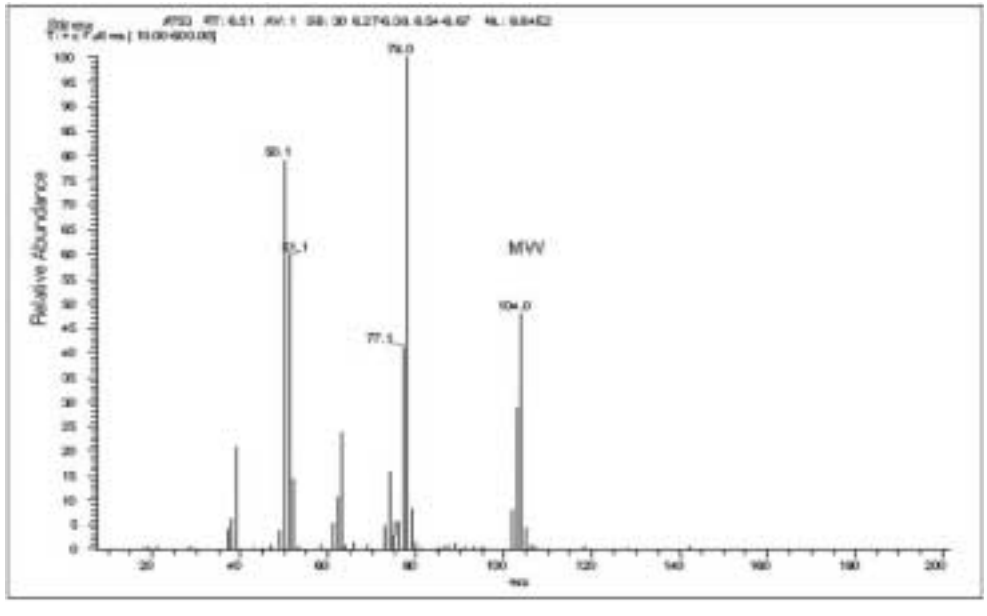


Fig. 5: Spettro frammentazione picco stirene a impatto elettronico 70 e V e trapporto ionica.

Risultati

In tabella V sono riportati i risultati dell'indagine ambientale nelle tre ditte, Umbria, Marche 1 e Marche 2.

Tabella V

Risultati indagine ambientale nelle tre ditte: Per tutti i valori il CV_T (Coefficiente di Variazione totale di analisi e campionamento) è minore del 10%.

Tipo campionamento	Mansione/Ambiente	Lavoratore	Periodo investigato	Stirene (ppm)
UMBRIA				
Personale	Verniciatore	1	Mattina	22
Personale	Verniciatore	1	Intero Turno	**20**
Personale	Verniciatore	2	Mattina	17
Personale	Verniciatore	2	Intero Turno	**16**
Personale	Verniciatore	3	Mattina	16
Personale	Verniciatore	3	Intero Turno	**17**
Personale	Verniciatore	4	Mattina	20
Personale	Verniciatore	4	Intero Turno	**18**
Personale	Verniciatore	5	Mattina	28
Personale	Verniciatore	5	Intero Turno	**28**
Personale	Verniciatore	6	Mattina	16
Personale	Verniciatore	6	Intero Turno	**16**
Personale	Carrozziere	7	Mattina	4,1
Personale	Carrozziere	7	Intero Turno	**3,9**
Personale	Carrozziere	8	Mattina	4,6
Personale	Carrozziere	8	Intero Turno	**3,9**
Ambientale	Verniciatura	A	Intero Turno	5,8
Ambientale	Verniciatura	B	Intero Turno	6,2
Ambientale	Verniciatura	C	Intero Turno	5,7
Ambientale	Carrozzeria	D	Intero Turno	3,9
MARCHE 1				
Personale	Verniciatore	1	Mattina	11
Personale	Verniciatore	1	Intero Turno	**13**
Personale	Verniciatore	2	Mattina	11
Personale	Verniciatore	2	Intero Turno	**25**
Personale	Verniciatore	3	Mattina	18
Personale	Verniciatore	3	Intero Turno	**38**
Personale	Verniciatore	4	Mattina	11
Personale	Verniciatore	4	Intero Turno	**15**
Personale	Verniciatore	5	Mattina	8,7
Personale	Verniciatore	5	Intero Turno	**16**
Personale	Verniciatore	6	Mattina	23
Personale	Verniciatore	6	Intero Turno	**24**
Personale	Carrozziere	7	Intero Turno	**3,0**
Ambientale	Verniciatura	A	Mattina	12
Ambientale	Verniciatura	A	Intero Turno	9,4
Ambientale	Verniciatura	B	Mattina	5,8
Ambientale	Verniciatura	B	Intero Turno	2,7
Ambientale	Carrozzeria	C	Mattina	0,35
Ambientale	Carrozzeria	C	Intero Turno	1,6
MARCHE 2				
Personale	Verniciatore	1	Intero Turno	10
Personale	Carrozziere	2	Mattina	3,9
Personale	Carrozziere	2	Intero Turno	3,0
Ambientale	Verniciatura	A	Mattina	6,3
Ambientale	Verniciatura	A	Intero Turno	6,6
Ambientale	Carrozzeria	B	Mattina	0,84
Ambientale	Carrozzeria	B	Intero Turno	0,31

Tali dati sono stati utilizzati per determinare i livelli di esposizione per le due mansioni (verniciatore e carrozziere), per confrontare i risultati dei monitoraggi con campionatori personali ed ambientali e per verificare l'andamento dell'esposizione nel corso della giornata.
Per valutare l'esposizione personale in relazione al TLV, si sono utilizzati test statistici quali quelli indicati dall'AIIDI[13], dalle norme UNI[14] e dalla NIOSH[15].

Livelli di esposizione per le due mansioni

Nel grafico seguente (fig.6) sono riportati i valori medi di esposizione allo stirene per le due mansioni indagate, verniciatore e carrozziere.

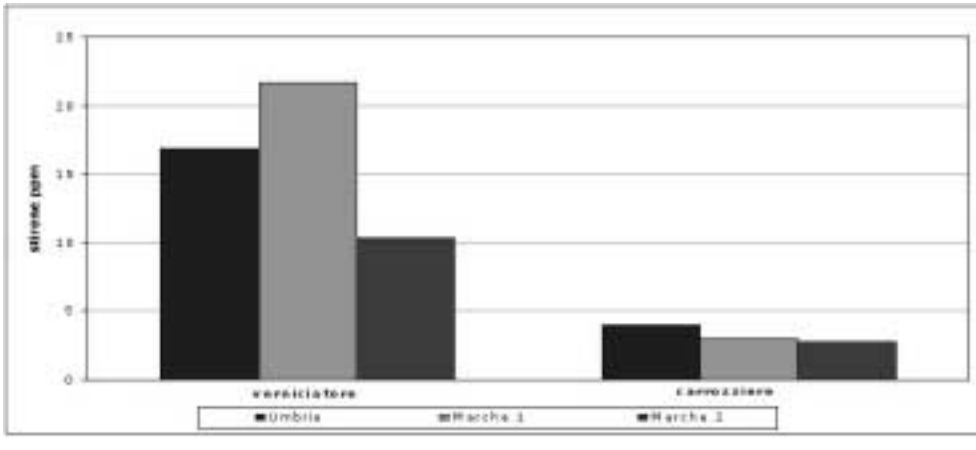


Fig. 6: Valori medi di esposizione a stirene per mansione lavorativa nelle tre ditte.

Nelle tre ditte, i valori di esposizione per le due mansioni sono dello stesso ordine di grandezza, e si possono quindi considerare caratteristici del tipo di lavorazione.
I livelli più bassi riscontrati per la ditta Marche 2 sono dovuti al fatto che il monitoraggio è stato effettuato in una giornata in cui veniva svolta prevalentemente l'attività di carrozzeria, con una sola persona dedita alla mansione di verniciatore.
I risultati confermano la maggiore esposizione per la mansione di verniciatore, come già segnalato in letteratura[16, 17]

Confronto tra campionatori personali ed ambientali

Il grafico di fig.7 confronta i valori medi di esposizione ottenuti con campionatori personali e con campionatori ambientali per le due mansioni.
In tutti i casi, questi ultimi forniscono valori di concentrazione inferiori a quelli ottenuti con i campionatori personali.
Tale confronto conferma che, come già più volte riportato in letteratura[18,19,20], i campionatori d'area non sono idonei a stabilire il reale livello di esposizione dei lavoratori, poiché tendono a sottostimarlo.

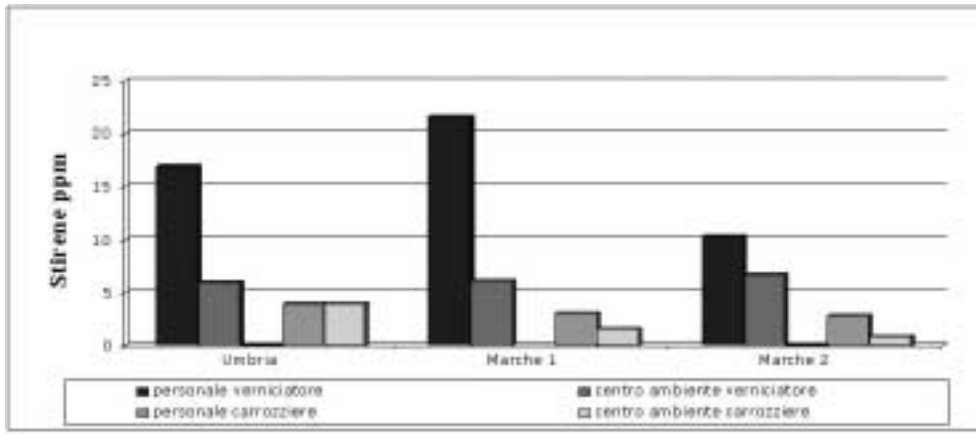


Fig. 7: Confronto tra campionatori personali e centro ambiente, in diverse lavorazioni, nelle tre ditte.

Andamento dell'esposizione nel corso della giornata

Sono stati effettuati più campionamenti durante l'arco dell'intero turno lavorativo per valutare la variazione di esposizione a stirene nell'arco della giornata. Per la ditta Umbria, l'esposizione rimane praticamente costante nell'arco della giornata. Per la ditta Marche 1 (fig. 8), invece, si è notato un aumento dei valori di esposizione personale nel pomeriggio, in alcuni casi abbastanza consistente. Tale variazione può essere dovuta all'assenza di impianti di aspirazione localizzata e di sistemi di ventilazione, che determinerebbe un accumulo di stirene durante la giornata lavorativa.

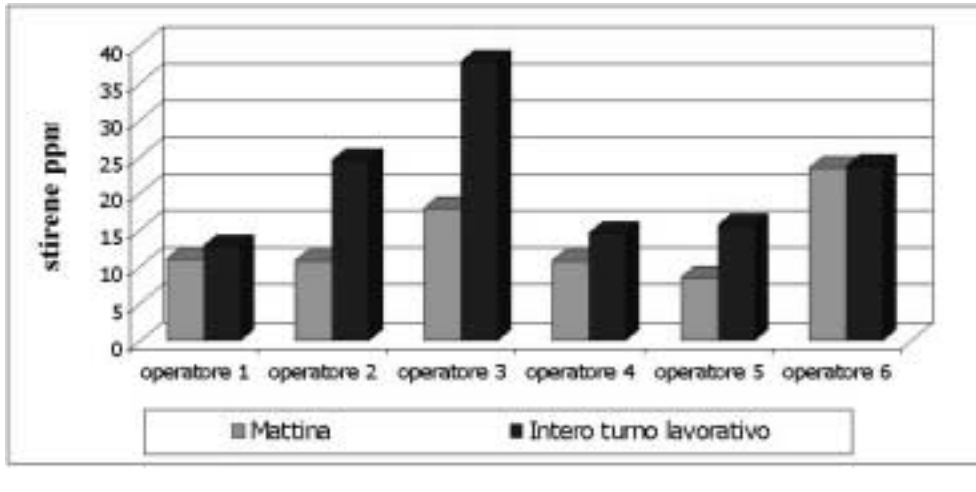


Fig. 8: Confronto tra campionamento effettuato ad inizio giornata e campionamento effettuato durante tutto l'arco lavorativo.

Confronto dell'esposizione personale con il valore limite

I dati sono stati trattati utilizzando la procedura riportata nell'appendice D della norma UNI EN 689 ed il *livello di attenzione* NIOSH.

Per quanto riguarda la trattazione dei dati dei verniciatori delle ditte Umbria e Marche 1 secondo la norma UNI EN 689, si è preventivamente verificato che questi si distribuissero log-normalmente (come previsto per i gruppi omogenei di esposizione[21]), utilizzando a questo scopo il test di Kolmogorov - Smirnov. Secondo tale test i dati sono risultati compatibili con tale distribuzione di probabilità.
A conferma di ciò si sono riportati i dati nel diagramma di probabilità descritto nella appendice G della norma UNI (figure 9 e 10).
Su tale diagramma i dati distribuiti esattamente in modo log-normale si dispongono su una retta.

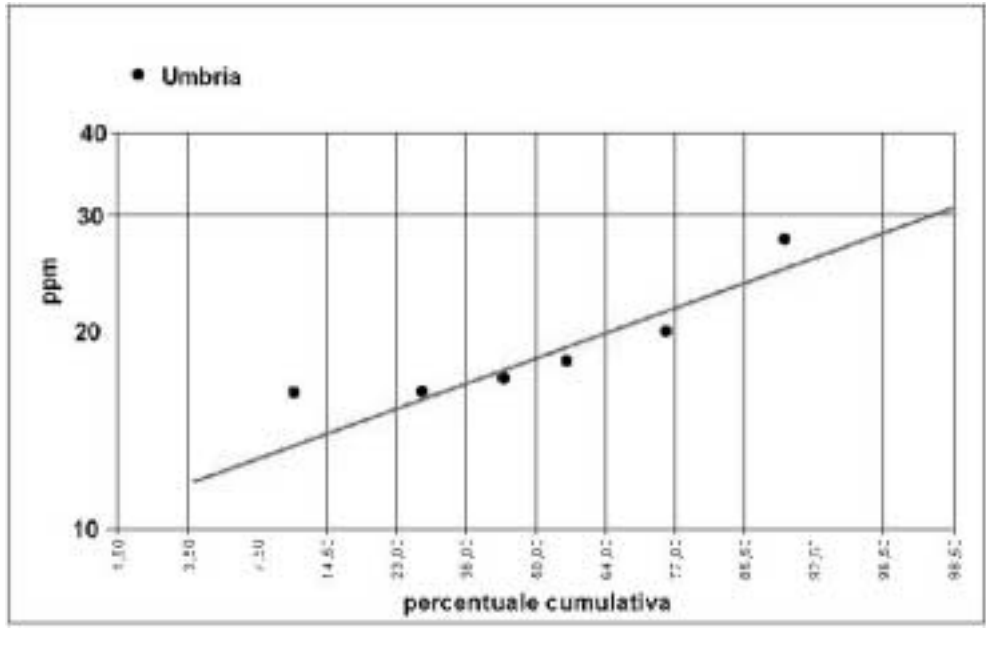


Fig. 9

Verificato il modello di distribuzione si è calcolata la probabilità di superamento del valore limite con il relativo livello di confidenza utilizzando il test OTL[22].

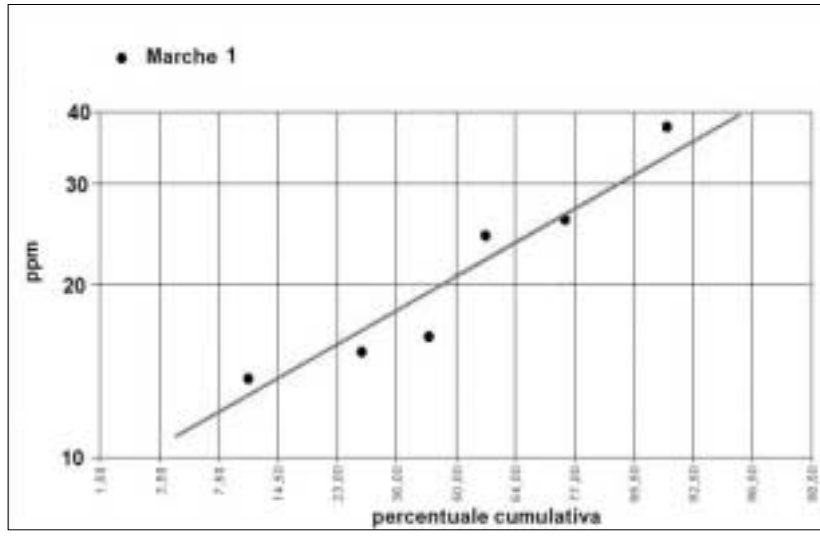


Fig. 10

Tale test ci permette di affermare con un livello di confidenza g del 95% che una percentuale di lavoratori superiore al 5% risulta sovraesposta, (fig.11).

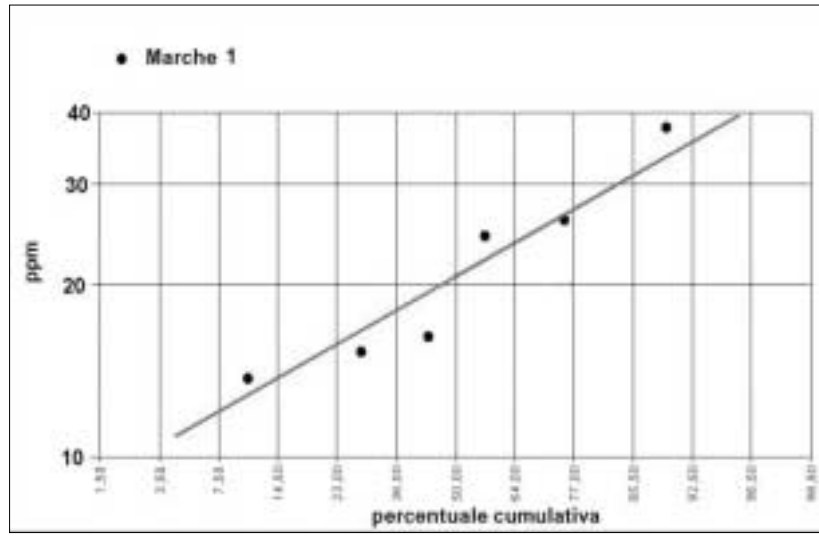


Fig. 11: Test OTL

X_l= media dei logaritmi dei dati *S_l= deviazione standard dei logaritmi dei dati*
g = livello di confidenza
Zona 1 = zona in cui più del 95% dei lavoratori risulta esposta a valori minori dello standard
Zona 2 = zona in cui, con tale g, non si possono fare stime
Zona 3 = zona in cui più del 5% dei lavoratori risulta esposta a valori superiori allo standard

Le percentuali di sovraesposti calcolate sono state confrontate con quelle riportate nell'appendice D della già citata norma, secondo cui la situazione è *accettabile* per percentuali inferiori allo 0,1%, è sicuramente *inaccettabile* per percentuali superiori al 5% e necessita di ulteriori misurazioni per percentuali tra lo 0,1% ed il 5%.
Si sono inoltre ricavate le distribuzioni log-normale teoriche specifiche per la ditta Umbria (fig. 12) e Marche 1 (fig.13).
Da queste distribuzioni si calcola che, nel giorno in cui si è effettuato il campionamento, nella ditta Umbria vi erano il 38 % di lavoratori sovraesposti, mentre nella la ditta Marche 1 il 52%.

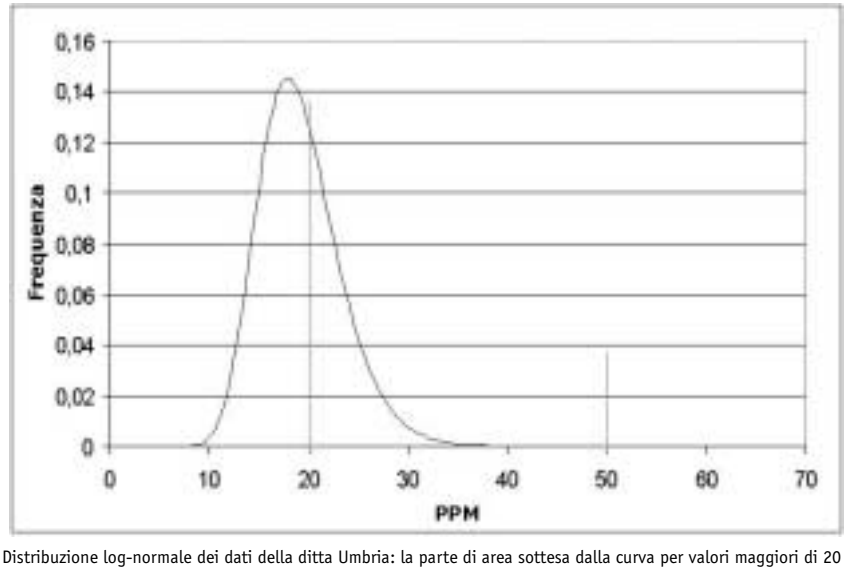


Fig. 12: Distribuzione log-normale dei dati della ditta Umbria: la parte di area sottesa dalla curva per valori maggiori di 20 ppm indica la percentuale di lavoratori sovraesposti.

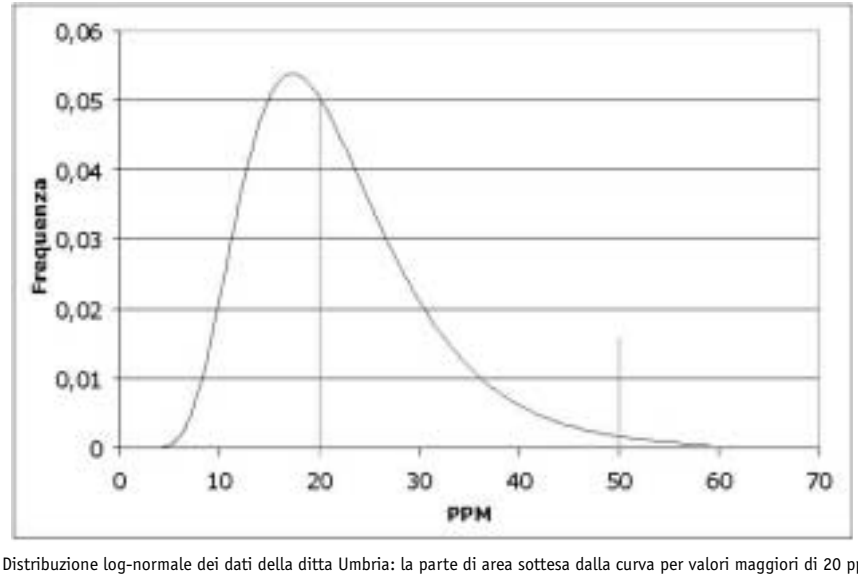


Fig. 12: Distribuzione log-normale dei dati della ditta Umbria: la parte di area sottesa dalla curva per valori maggiori di 20 ppm indica la percentuale di lavoratori sovraesposti.

Nel caso dei carrozzieri, il numero di determinazioni effettuate nelle tre ditte, permette esclusivamente un confronto tra il livello di esposizione e quello di attenzione. Il primo è sufficientemente al di sotto del livello di attenzione suggerito dalla NIOSH (1/2 del TLV) essendo inferiore ad un quinto del TLV. Tale valore permette di prevedere, anche con un'elevata variazione intergiornaliera di esposizione (cioè con deviazione geometrica standard di circa 1,5), una percentuale di sovraesposizioni, nel lungo periodo, inferiore al 5% (con un livello di confidenza del 95%)[1].
Bisogna notare che l'alta percentuale di sovraesposti tra i verniciatori e "l'inaccettabilità" secondo la norma UNI dipendono dal recente abbassamento del TLV da 50 ppm a 20 ppm; infatti, con il precedente valore limite, la ditta Umbria avrebbe avuto un livello di esposizione senz'altro accettabile, mentre la ditta Marche 1 avrebbe richiesto ulteriori misurazioni.
Inoltre è necessario ricordare che il valore limite considerato (TLV) non è definito in termini statistici, e si nota una certa arbitrarietà in letteratura nel confrontare i TLV con i dati di esposizione; per di più non esistono per lo stirene norme di legge che fanno esplicito riferimento a tale (od altro) valore limite.

In parallelo al campionamento personale effettuato con fiale sono stati utilizzati campionatori passivi. Anche in questo caso l'unico inquinante rilevabile è stato lo stirene. Con i campionatori passivi si ottengono dei valori di concentrazione di stirene dello stesso ordine di grandezza di quelli dei campionatori attivi, ma nella maggior parte dei casi superiori.

Conclusioni

L'indagine preliminare condotta nel comparto della vetroresina conferma che, per l'inquinamento da vapori organici, la mansione a rischio è quella del verniciatore i cui valori di esposizione allo stirene sono risultati alti, soprattutto alla luce del recente abbassamento del valore limite di soglia. Tutto ciò rende più rilevante la necessità di adottare misure efficaci di abbattimento della concentrazione di stirene nell'esposizione personale. Per le piccole e medie imprese, caratterizzate da un ciclo tecnologico con lavorazioni prettamente manuali, difficilmente automatizzabili, i possibili interventi di prevenzione consistono nel miglioramento delle condizioni di ventilazione dei locali e nell'adozione di sistemi di aspirazione localizzata, possibilmente integrata al sistema di ventilazione generale, che garantisce idonee velocità di captazione nella zona immediatamente limitrofa alla sorgente inquinante.
E' auspicabile anche un'idonea organizzazione del lavoro che isoli le "zone di lavoro" più a rischio rispetto agli altri settori lavorativi. A verifica di ciò il prossimo studio prenderà in considerazione e confronterà le realtà industriali esaminate con altre caratterizzate da una migliore gestione della sicurezza e dell'igiene del lavoro.

BIBLIOGRAFIA

Cavender F., 1994. Aromatic Hydrocarbons. In: *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, fourth edition, vol.2, part B, pp.1301-1358, edited by G.D. Clayton and F.E. Clayton,

Harper M. and Fiorito D. L., 1996. A comparison of two diffusive samplers for the collection of styrene, a-methylstyrene, and o-chlorostyrene vapors. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 11(10): 1238-1246.

1 Secondo la norma UNI, Appendice C, per valori tra un decimo ed un quarto del TLV, la determinazione dovrebbe essere confermata da misure eseguite in altri due turni lavorativi.

Pezzagno G. e Imbriani M., 1997. Cinetica e monitoraggio biologico dei solventi industriali. In: *Advances in occupational medicine & rehabilitation*, vol.3(2), Le collane della Fondazione Maugeri, Pavia.

Lenvik K., Osvoll P. O., and Woldbaek T., 1999. Occupational exposure to styrene in Norway, 1972-1996. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 14: 165-170.

Limasset J.C., Simon P., Poirot P., Subra I., Grzebyk M., 1999. Estimation of the percutaneous absorption of styrene in an industrial situation. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 72: 46-51.

Sass-Kortsak A.M., Bozek P.R., Corey P. N. and McD. Robertson J., 1996. Styrene and noise exposures and protective equipment use in the manufacturing of fiberglass products in Canada. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 11(8): 1081-1086.

Colosio C., Barcellini W., Lastrucci L., Maroni M., Rizzardi G.P., Zecca B., Soleo L., Foà V., 1994. Effetti immunologici dello stirene: indagine pilota nel comparto delle vetroresine. *Arch. Scienze Lav.*, 10: 619-621.

Cavalleri A., Gobba F.M., Di Rico R., 1987. Monitoraggio biologico dell'esposizione a stirene. In*: Atti del Convegno "Igiene e sicurezza nelle vetroresine*", Modena, 10 ottobre, pp.30-40, a cura di P. Lazzaretti, O. Nicolini, M. Piscitelli.

Evaluation guidelines-Sampling and analytical methods - **OSHA** Analytical methods manual, 2d 1990.

U.S. **E.P.A**. OPPT, 1994. Chemical fact sheets (Styrene) fact sheet: support document.

ACGIH, 1999. Valori limite di soglia (TLV) per sostanze chimiche ed agenti fisici e indici biologici di esposizione (IBE), a cura di AIDII.

Gobba F., Ghittori S., Imbriani M., Cavalleri A., 2000. Evaluation of half-mask respirator protection in styrene-exposed workers. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 73: 56-60.

AIDII,1990 Guide operative di igiene Industriale-AIDII, Milano.

UNI EN 689, 1997 Atmosfera nell'ambiente di lavoro- Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di misurazione.

Liedel N.A., Bush K.A:, Lynch J.R., 1977 Occupational exposure sampling strategy manual, NIOSH.

Cerri S., Bernabeo F., Baruffini A. Pattarin R., Villa L., Penzo M.,1989.Valutazione del rischio da stirene nella produzione di scafi in vetroresina. *Atti del convegno 52° Congresso Nazionale Società Italiana di Medicina del lavoro e Igiene Industriale*-Palermo.

Nicolini O., Piscitelli M., Dotti D., Benzi C., Tarantini A.R:, Righetti L., 1987. Il comparto vetroresine: risultati delle indagini, quadro dei rischi e priorità per la prevenzione. *Atti del Convegno Igiene e Sicurezza nelle vetroresine a rischio stirene* - Modena.

Tebbins B.D.,1973 Personal dosimetry versus environmental monitoring. *J. Occup. Med*, 15: 639-641.

Sherwood R.J.,1971 The monitoring of benzene exposure by air sampling. *Am. Ind. Hyg. Assoc, J.*,32:840-846.

Linch A.L., Wiest E.G., Carter M.D., 1970.Evaluatiion of tetraalkyl lead exposure by personnel monitor surveys ,*Am. Ind. Hyg. Assoc, J*, 31:170-179.

Esmen N.A., Hammad Y.Y.,1977 Lognormality of environmental sampling data. *J. Envirom. Sci. Health.*, 162:24-91.

Resnikoff G.j., Lieberman G.J., 1957 Tables of the non central t-distribution. *Stanford University Press, Standford,* CA.

STUDIO DELL'APPLICAZIONE DELLA SPETTROMETRIA INFRAROSSA A TRASFORMATA DI FOURIER (FTIR) A CAMPIONI DI AMIANTO (CROCIDOLITE) DEPOSITATI SU MEMBRANE FILTRANTI

P. Desideri, R. d'Angelo*, C. Novi*, S. Sinopoli*, M. Casale**
* INAIL - Direzione Regionale Campania - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

La spettrofotometria nel vicino e medio infrarosso a trasformata di Fourier (FTIR) è stata studiata nelle sue potenzialità applicative per la determinazione diretta dell'amianto sui filtri a membrana comunemente utilizzati per i campionamenti nel corso di indagini ambientali. L'analisi diretta in trasmissione di campioni di crocidolite, provenienti da precedenti indagini ambientali condotte dalla Con.T.A.R.P- Campania, ha mostrato buone opportunità di sviluppo, soprattutto con l'adozione di sezioni di campionamento confrontabili con quella del raggio infrarosso della strumentazione ed effettuando la sottrazione dello spettro del filtro di nitrocellulosa non caricato. Come fase propedeutica di studio dell'applicabilità della metodica in riflettanza diffusa all'analisi dei residui di incenerimento dei filtri di campionamento, sono state inoltre studiate dispersioni di crocidolite in KBr nell'intervallo $1 \div 5 \times 10^{-3}$%. Con entrambe le metodiche adottate è stato possibile rilevare segnali accettabili per campioni contenenti circa 10 µg di crocidolite. La purificazione adeguata del campione, trattamenti per via umida e/o termici di arricchimento dello stesso, l'adozione di nuove metodologie di campionamento su filtri di diverso materiale, confrontati con i risultati analitici ottenuti da standard di purezza certificata da organismi internazionali si configurano quindi come sicuro viatico per il raggiungimento di sensibilità analitiche dell'ordine del microgrammo, utili per l'applicazione della metodica studiata nel settore dell'igiene industriale ed in quello delle analisi ambientali.

1. Introduzione

Il disposto di legge italiano in materia di amianto detta, nelle sue varie emanazioni [1-5], le normative e le metodologie tecniche per la valutazione del rischio connesso con la presenza di materiali che lo contengono. Nell'ambito delle operazioni di bonifica, la determinazione analitica dell'amianto presente in forma massiva nei materiali da bonificare trova una dettagliata definizione delle tecniche adottabili, in relazione alla frazione percentuale contenuta.
Tecniche specifiche vengono inoltre indicate per la determinazione del numero di fibre di amianto in forma aerodispersa durante le lavorazioni effettuate e nei vari compartimenti in cui si suddivide il cantiere di bonifica. Attraverso l'adozione di fattori di conversione, specifici per la tecnica utilizzata, si può ottenere il valore ponderale relativo alla conta effettuata e quindi risalire alla frazione in peso nel materiale di partenza. Resta tuttavia da risolvere l'ulteriore problema della speciazione dell'amianto, possibile attraverso la tecnica di diffrazione di raggi X.
La spettrofotometria infrarossa a trasformata di Fourier (FTIR) viene menzionata come tecnica promettente per la determinazione dell'amianto in campioni in massa per percentuali dell'ordine dell'1%, ma non viene fornito il metodo analitico particolareggiato. Le caratteristiche della

metodica analitica si rivelano infatti promettenti in primo luogo per la speciazione qualitativa dell'amianto, in quanto le differenti tipologie mostrano assorbimenti caratteristici in diverse regioni dello spettro infrarosso esaminato (400 ÷ 4000 cm^{-1}), senza trascurare la semplicità operativa e i tempi ridotti necessari per la determinazione.
Numerosi ricercatori [6-9] hanno sondato le potenzialità analitiche della spettrofotometria FTIR, sia per analisi su campioni massivi che per la determinazione diretta su filtro di campionamento dell'amianto, lasciando aperta la possibilità di sviluppo di un'applicazione pratica qualitativa e quantitativa del metodo, subordinata all'adozione di trattamenti termici e per via umida del campione volti all'arricchimento del medesimo nella frazione che lo contiene.
Il presente contributo si configura come l'avvio di uno studio indirizzato all'approfondimento della conoscenza della metodica analitica prefigurata dai precedenti ricercatori, con l'obiettivo di implementare un procedimento rapido, versatile e di affidabile applicazione in quei settori dell'igiene industriale ed ambientale che necessitano di una determinazione della quantità in massa dell'amianto presente come contaminante. Le potenzialità offerte dallo sviluppo di nuovi accessori per l'analisi delle polveri in riflettanza diffusa (Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform, DRIFT), sia in dispersione in bromuro di potassio (KBr) che direttamente su filtro di campionamento, sono state studiate, nell'ottica di una futura verifica dell'applicabilità della tecnica anche alla determinazione combinata del numero delle fibre campionate, necessario per la determinazione del livello di esposizione del lavoratore a fini sia prevenzionali che previdenziali.

2. Materiali e metodi

Campioni di amianto.
I campioni di amianto esaminati (crocidolite) provengono da una indagine ambientale effettuata dalla Con.T.A.R.P. – Direzione Regionale Campania presso una ditta di decoibentazione di materiale rotabile, e sono stati utilizzati senza preventiva purificazione.

Preparazione dei campioni.
Analisi in trasmissione: la deposizione dei campioni di crocidolite su filtro per le analisi in trasmissione è stata ottenuta con l'ausilio di una camera a polveri costruita allo scopo, mediante la quale è stato possibile effettuare campionamenti per tempi variabili con filtri a membrana piana di nitrato di cellulosa della Millipore (codice AAWG0250C, diametro 25 mm, porosità 0.8 μm) montati su campionatore Aquaria a faccia aperta connesso ad un campionatore personale Aquaria modello Personal, con un flusso di campionamento di 1 l/min. Una seconda serie di campioni per le analisi in trasmissione direttamente su filtro è stata preparata con la stessa metodica, ma riducendo la sezione di campionamento ad un diametro di circa 10 mm mediante una corona circolare in carta, disposta sulla faccia del filtro esposta alle polveri.
Analisi in riflettanza diffusa: le dispersioni di crocidolite in KBr (Carlo Erba, per spettroscopia IR; circa 250 mg cadauna) sono state preparate per diluizione, con quantità note del sale, da una dispersione madre all'1% in peso; il sale viene preventivamente essiccato in muffola dopo essere stato ridotto a granulometria omogenea per triturazione della polvere in mortaio d'agata. Successivamente alla preparazione, le dispersioni vengono omogeneizzate per agitazione ed analizzate con l'apposito portacampioni a pozzetto in dotazione con l'accessorio per le analisi in riflettanza diffusa.

Strumentazione analitica.
Le operazioni di pesata sono state effettuate mediante una bilancia analitica elettronica Sartorius, modello MC5 ($\Delta m = \pm 0.001$ mg); per l'essiccazione dei materiali è stata utilizzata una muffola Nabertherm, modello Labotherm LH 15/13 ($\Delta t = \pm 1°C$).

Le analisi strumentali sono state effettuate mediante uno spettrofotometro a trasformata di Fourier operante, nella regione del vicino e medio infrarosso, nell'intervallo di numeri d'onda compreso tra 4000 e 400 cm^{-1} (Nicolet, modello Nexus 470/670/870); le caratteristiche tecniche sono indicate in Tabella 1.

Tabella 1

Caratteristiche tecniche della strumentazione FTIR utilizzata

Spettrofotometro	Nicolet – modello NEXUS
Sorgente	Infrarosso
Rivelatore	DGTS (solfato di triglicina deuterato) – KBr
Separatore di raggio	KBr
Spaziatura del campionamento	2 cm^{-1}
Velocità dello specchio mobile	0.6329
Apertura	100.00
Fattore moltiplicazione segnale	1 ÷ 8.0 (fisso o automatico)
Filtro passa alto	20 Hz
Filtro passa basso	11000 Hz
Numero d'onda del laser	15798.3 cm^{-1}
Frequenza del laser Raman	9393.6416 Hz

Le analisi in trasmissione sui filtri sono state condotte utilizzando il portafiltri in dotazione standard con lo strumento, nelle condizioni indicate in Tabella 2. Sui filtri campionati a sezione completa sono state effettuate 5 determinazioni su porzioni differenti della superficie esposta, onde determinare l'assorbimento medio ed eliminare l'errore derivante dalla non uniformità della deposizione delle fibre. Per le analisi condotte sui filtri campionati a sezione ridotta sono state eseguite 3 determinazioni consecutive, al fine di valutare la stabilità operativa della strumentazione.

Tabella 2

Condizioni sperimentali di acquisizione degli spettri di crocidolite su filtro in trasmissione

Scansioni di acquisizione	128
Risoluzione	4 cm^{-1}
Numero di punti scanditi	8480
Numero di punti FFT	8192
Posizione picco interferogramma	4096
Apodizzazione	Happ-Genzel
Correzione di fase	Mertz
Numero di punti	1868
Formato finale	Assorbanza vs numero d'onda (cm^{-1})

Le analisi sulle dispersioni di polveri in riflettanza diffusa sono state condotte utilizzando l'accessorio specifico (Avatar Diffuse Reflectance Smart Accessory) in dotazione allo strumento, nelle condizioni sperimentali indicate in Tabella 3.

Tabella 3

Condizioni sperimentali di acquisizione degli spettri di crocidolite in miscela con KBr in riflettanza diffusa (DRIFT)

Scansioni di acquisizione	128
Risoluzione	4 cm^{-1}
Numero di punti scanditi	8480
Numero di punti FFT	8192
Posizione picco interferogramma	4096
Apodizzazione	Happ-Genzel
Correzione di fase	Mertz
Numero di punti	1868
Formato finale	Kubelka-Munk vs numero d'onda (cm^{-1})

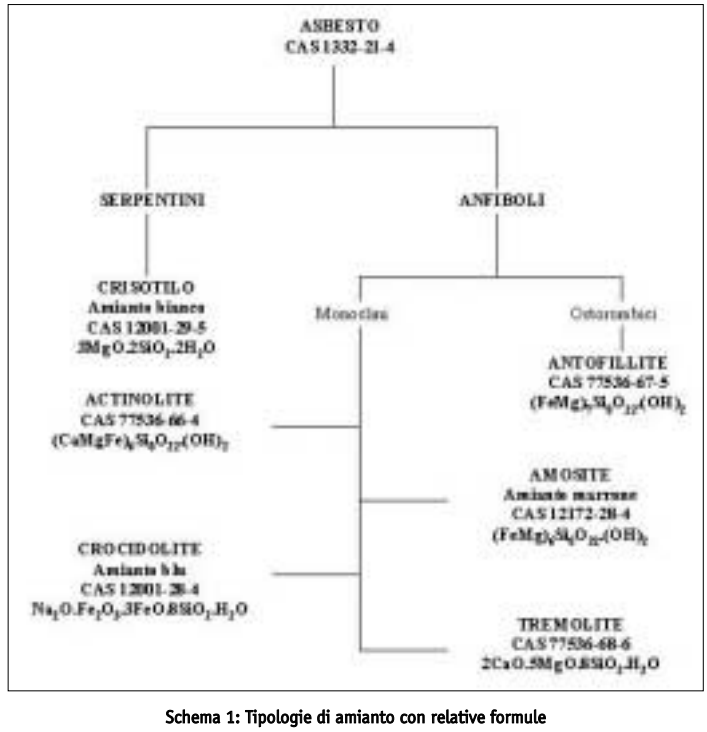
Elaborazione degli spettri.
L'elaborazione degli interferogrammi è condotta in automatico dal programma di gestione dello strumento, che consente di ottenere gli spettri trasformati nel formato finale più opportuno per l'analisi da condurre (trasmittanza, assorbanza, Kubelka-Munk). L'operazione di sottrazione dello spettro del filtro non caricato, "bianco", dallo spettro del filtro con crocidolite depositata si è avvalsa del sottoprogramma matematico presente, utilizzando come fattore di sottrazione il valore 1. La valutazione delle altezze e delle aree dei picchi analitici è stata ottenuta utilizzando appositi sottoprogrammi della strumentazione, i quali, a partire da una opportuna linea di base per il picco, tracciabile manualmente, elaborano in automatico i corrispondenti valori. Gli stessi vengono riportati su diagramma in funzione delle quantità in milligrammi di crocidolite deposta su filtro, per le analisi in trasmittanza, e, per le analisi in riflettanza diffusa, in funzione delle quantità in milligrammi di crocidolite nei 250 mg di campione preparati.

3. Risultati e discussione

Generalità sull'amianto
Il materiale comunemente indicato con il termine amianto, o asbesto, è un silicato a struttura fibrosa che si ottiene, per scopi industriali, dalla frantumazione del minerale in apposite molazze; è incombustibile, inalterabile all'azione dei prodotti chimici, facilmente filabile, flessibile, resistente alla trazione e con buone capacità fonoassorbenti e termoisolanti, caratteristiche che ne hanno determinato l'utilizzo massiccio, sia industriale che civile, in periodi in cui la natura morbigena del materiale non era stata ancora individuata correttamente.
In natura esistono differenti tipi di amianto (schema 1), tra i quali i più usati industrialmente sono stati il crisotilo (amianto bianco), la crocidolite (amianto blu) e l'amosite (amianto marrone). Gli altri asbesti sono stati individuati prevalentemente come impurezze all'interno dei più utilizzati.

Problematiche analitiche nella determinazione dell'amianto
La particolare morfologia dell'asbesto e la sua ormai riconosciuta pericolosità, sia in sede di lavorazione che nell'ambiente, hanno indirizzato il legislatore europeo ed italiano verso l'indi-

cazione di metodologie analitiche in grado di evidenziare quella frazione particolarmente attiva nel determinare l'insorgere delle malattie ad esso correlate, costituita dalle fibre in grado di raggiungere la parte terminale dell'apparato respiratorio. In altri settori normativi, quale quello delle emissioni in atmosfera, il parametro ritenuto interessante è la concentrazione in massa del materiale nelle correnti uscenti [4]. Una ulteriore esigenza analitica nella determinazione dell'amianto è costituita dalla sua speciazione, poiché la pericolosità, ed i conseguenti limiti di legge e standard di buona tecnica, risulta differente per le tipologie del serpentino e degli anfiboli. In Tabella 4 si riporta una panoramica delle metodologie analitiche comunemente adottate nell'analisi dell'amianto e dei materiali che lo contengono, con l'indicazione dei parametri ottenibili attraverso la strumentazione adottata.
Non è possibile, a tutt'oggi, indicare una metodologia analitica in grado di fornire contemporaneamente il numero delle fibre, il loro peso complessivo ed il tipo di amianto da cui provengono. L'accoppiamento di vari metodi, quindi un maggior onere sia in termini temporali che economici, raggiunge lo scopo con la evidente necessità della contemporanea presenza di competenze specialistiche differenziate e di strumentazione adeguata.
Ultima complicazione, ma di non minore importanza, è costituita dalla necessità di determinare l'asbesto sia nella sua forma aerodispersa una volta depositato su filtri di campionamento, sia in forma massiva come percentuale nel materiale che lo contiene. Soprattutto nel secondo caso, che si presenta maggiormente nel settore dei rifiuti [8], si rende talvolta necessario un procedimento tendente all'eliminazione delle matrici volto all'arricchimento della frazione contenente amianto e/o all'eliminazione di eventuali interferenze. In tale panorama la fruibilità di una metodologia analitica in grado di ridurre tempi e costi di produzione del dato analitico diventa sicuramente elevata per quei laboratori con scarsa disponibilità di mezzi economici e per quelle determinazioni che implicano tempi brevi.



Schema 1: Tipologie di amianto con relative formule

Tabella 4

Metodi analitici per la valutazione delle polveri fibrose.

METODO	STRUMENTAZIONE	PARAMETRO DETERMINATO
1. Conta delle Fibre	1.1 Microscopia a Contrasto di Fase	Morfologia
	1.2 Microscopia a Scansione Elettronica/ Analisi in Dispersione di Energia	Morfologia e Analisi Elementare
	1.3 Microscopia a Trasmissione Elettronica/Analisi in Dispersione di Energia	Morfologia e Analisi Elementare
	1.4 Light Scattering	Morfologia
2. Quantità in Massa	2.1 Pesata	Massa (se puro)
	2.2 Light Scattering	Massa
	2.3 Radiazione Beta	Massa
	2.4 Spettroscopia Infrarossa	Massa
	2.5 Analisi Termica Differenziale	Massa
3. Speciazione	3.1 Microscopia a Luce Polarizzata	Morfologia e Indice di Rifrazione
	3.2 Diffrazione di Raggi X	Parametri Cristallografici
	3.3 Microscopia Elettronica con Microsensore	Morfologia e Analisi Elementare
	3.4 Spettroscopia Infrarossa	Assorbimenti caratteristici

Analisi dell'amianto mediante spettrofotometria infrarossa a trasformata di Fourier

Lo sviluppo delle nuove apparecchiature nel settore della spettroscopia all'infrarosso ha visto una rinnovata crescita di interesse nel sondare le opportunità che l'applicazione della tecnica fornisce per risolvere in parte le problematiche insite nella determinazione qualitativa e quantitativa dell'amianto nelle sue varie forme.

Le analisi condotte nel nostro laboratorio hanno puntato in primo luogo a verificare l'applicazione della tecnica FTIR alla determinazione diretta dell'amianto aerodisperso raccolto su filtro di nitrocellulosa, con l'iniziale adozione dei metodi di campionamento previsti dalla normativa vigente, funzionali per la successiva analisi di conta delle fibre mediante microscopia ottica. Non è stato possibile effettuare determinazioni su campioni di materiale puro, in quanto la ricerca di ditte fornitrici di minerali di riferimento ha dato esito negativo; ciò ha necessariamente indirizzato il lavoro sull'analisi di campioni di crocidolite provenienti da una indagine ambientale condotta dalla nostra Consulenza, senza preventiva purificazione, allo scopo di effettuare una preliminare verifica delle limitazioni imposte dalla strumentazione a nostra disposizione.

L'applicabilità della tecnica FTIR all'analisi in trasmissione dei filtri di campionamento presuppone l'esistenza di finestre dello spettro nelle quali l'assorbimento relativo al materiale che li costituisce sia nullo o costante. L'esame comparativo dello spettro registrato dal solo filtro (Figura 1 e 2) e dal filtro caricato con crocidolite (Figura 3 e 4) mostra la non utilizzabilità delle bande analitiche proposte in letteratura [9] per i filtri in esteri misti di cellulosa.

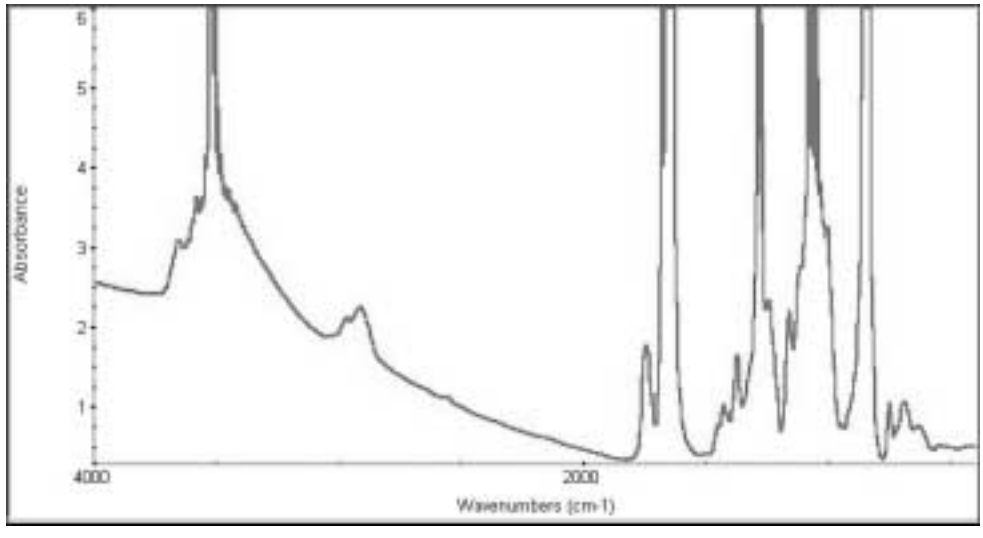


Fig. 1: Spettro FTIR completo in trasmittanza del filtro di nitrocellulosa non caricato.

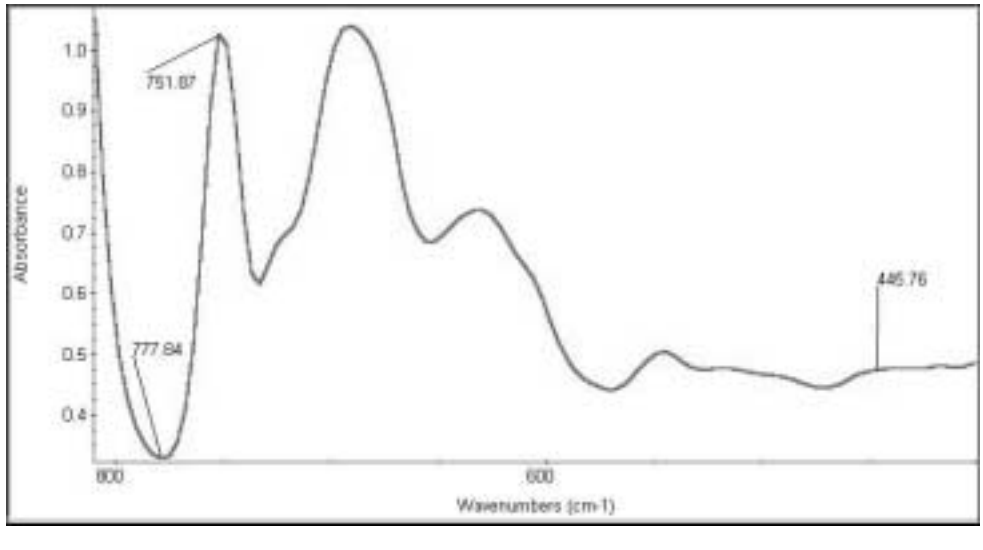


Fig. 2: Spettro FTIR in trasmittanza del filtro di nitrocellulosa non caricato nella zona di interesse analitico.

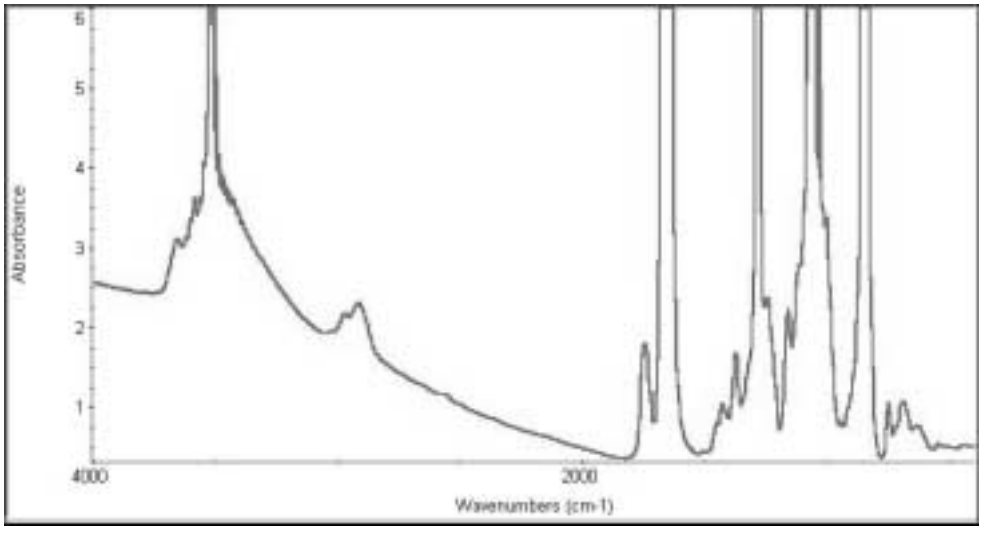


Fig. 3: Spettro FTIR completo in trasmittanza del filtro di nitrocellulosa caricato con 110 µg di crocidolite.

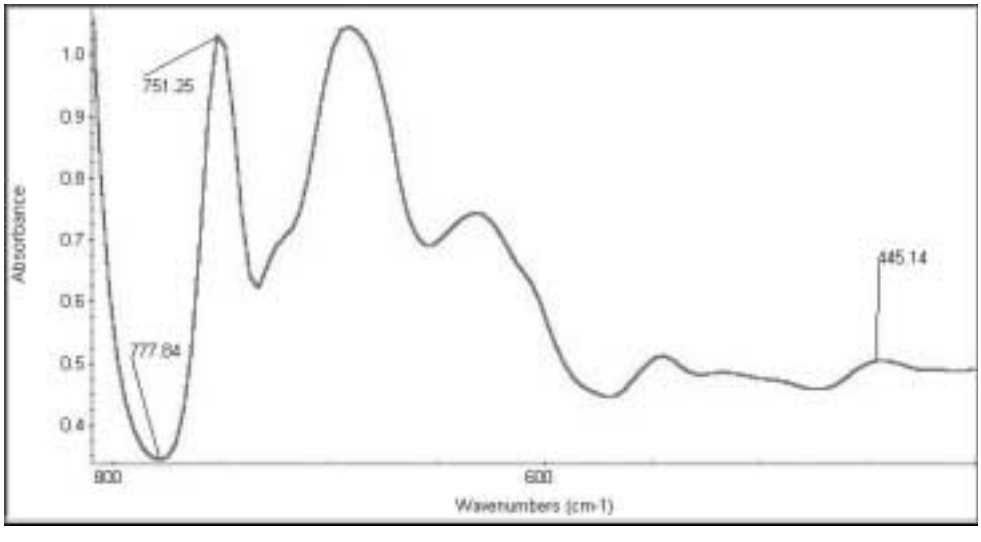


Fig. 4: Spettro FTIR in trasmittanza del filtro di nitrocellulosa caricato con 110 µg di crocidolite nella zona di interesse analitico

L'assorbimento proposto a 775 cm^{-1}, ancorché connotato da un valore molto basso dell'assorbanza, risulta trovarsi in prossimità di forti assorbimenti da parte della matrice nitrocellulosica; l'assorbimento a 315 cm^{-1} non è utilizzabile dalla limitazione posta dalla configurazione della nostra strumentazione, il cui campo di indagine non arriva a coprire l'intervallo cui tale valore appartiene. Viceversa, si è mostrata particolarmente evidente la banda di assorbimento centrata intorno ai 445 cm^{-1}, situata in una regione dello spettro dove l'assorbimento del filtro presenta un valore non nullo, ma tuttavia sufficientemente costante. La banda era già stata riportata in letteratura [6,8] come caratteristica della crocidolite e dotata di assorbimento molto intenso, che tuttavia ha mostrato le proprietà necessarie per l'utilizzo quale banda analitica.
Le analisi effettuate su filtri campionati nell'intera sezione mostra la presenza di una buona correlazione lineare tra i valori ottenuti anche senza la sottrazione dello spettro del filtro non carico (Figura 5). L'operazione di sottrazione dello spettro (Figura 6) mantiene buoni i valori del coefficiente di correlazione, e contemporaneamente rende utilizzabile la banda analitica centrata intorno ai 775 cm^{-1}, che mostra anch'essa buoni valori di correlazione tra i punti sperimentali (Figura 7).
Il valore minimo di polveri catturate su filtro ed esaminate in questa fase della sperimentazione è stato di 57 µg. Su questo filtro è stata effettuata l'analisi di conta delle fibre in microscopia ottica a contrasto di fase, che ha purtroppo evidenziato un valore superiore di circa un ordine di grandezza a quello ipotetico ottenibile da un campionamento di 4 ore di una atmosfera in cui sia presente crocidolite in concentrazione pari al valore limite di soglia mediato sulle 8 ore lavorative (TLV-TWA).

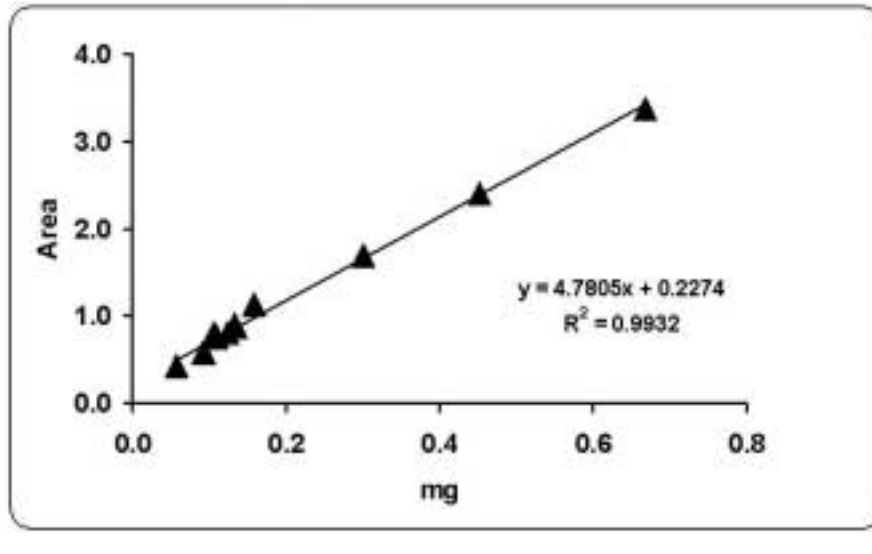


Fig. 5: Correlazione lineare dei valori delle aree delle bande di assorbimento dei filtri di nitrocellulosa caricati con crocidolite (banda centrata a 445 cm^{-1}), valutati senza sottrazione dello spettro del filtro non caricato.

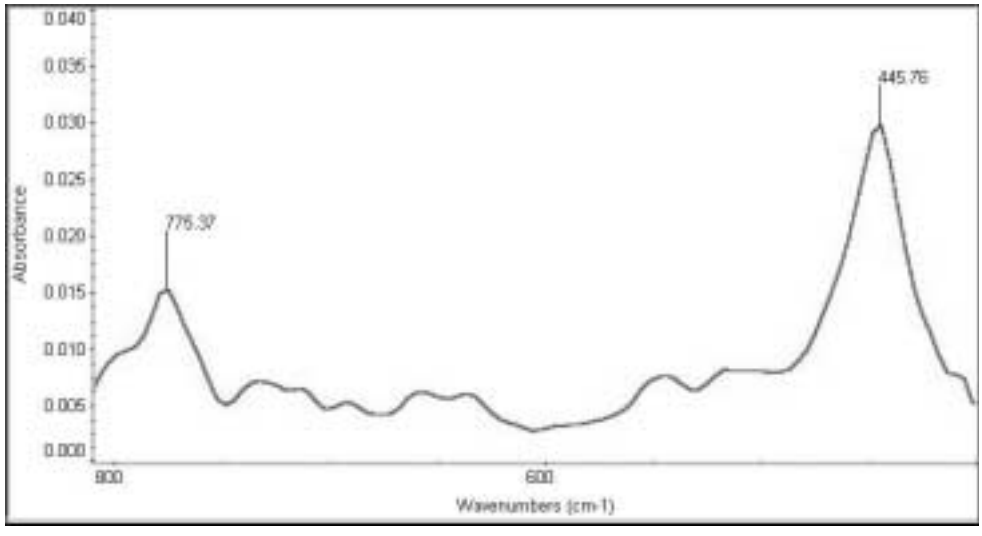


Fig. 6: Spettro FTIR in trasmittanza del filtro di nitrocellulosa caricato con 110 µg di crocidolite nella zona di interesse analitico dopo sottrazione dello settro del filtro non caricato.

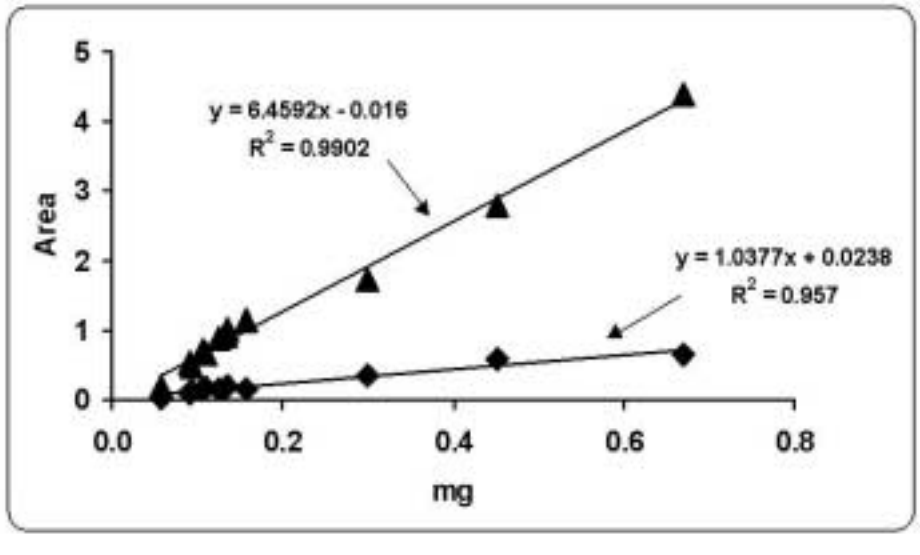


Fig. 7: Correlazione lineare dei valori delle aree delle bande di assorbimento dei filtri di nitrocellulosa caricati con crocidolite, valutati con sottrazione dello spettro del filtro non caricato (▲ 445 cm^{-1}; ◆ 775 cm^{-1}).

Ciò ha reso necessaria l'adozione di procedimenti volti ad incrementare la sensibilità del metodo ed in prima istanza è stato adottato lo stratagemma di ridurre la sezione del filtro su cui catturare le fibre, riduzione ottenuta ponendo una corona circolare in carta plastificata sulla superficie del filtro. In tal modo la sezione di campionamento è stata portata ad un diametro di circa 10 mm, prossimo a quello del raggio infrarosso incidente, ed in tale configurazione la quantità minima di polveri catturate e per le quali si è ottenuto un valido rapporto segnale/rumore è stata di 12 µg (Figura 8). La correlazione ottenuta tra i punti sperimentali si è dimostrata di peggiore qualità. Questo peggioramento è in parte imputabile all'"artigianalità" del dispositivo di campionamento costruito, che potrebbe aver causato la cattura di fibre anche su porzioni esterne alla sezione desiderata. Tuttavia, la procedura indicata potrebbe essere suscettibile di applicazione, previa ottimizzazione, nell'analisi di filtri su cui viene depositato per via umida il residuo di incenerimento dei filtri di campionamento. Riducendo la sezione di deposizione ad un diametro inferiore a quello del raggio dello strumento (8÷10 mm), si avrebbe la certezza di registrare l'assorbimento di tutto il materiale campionato, con il miglioramento della sensibilità del metodo e la riduzione del limite minimo di rilevabilità.

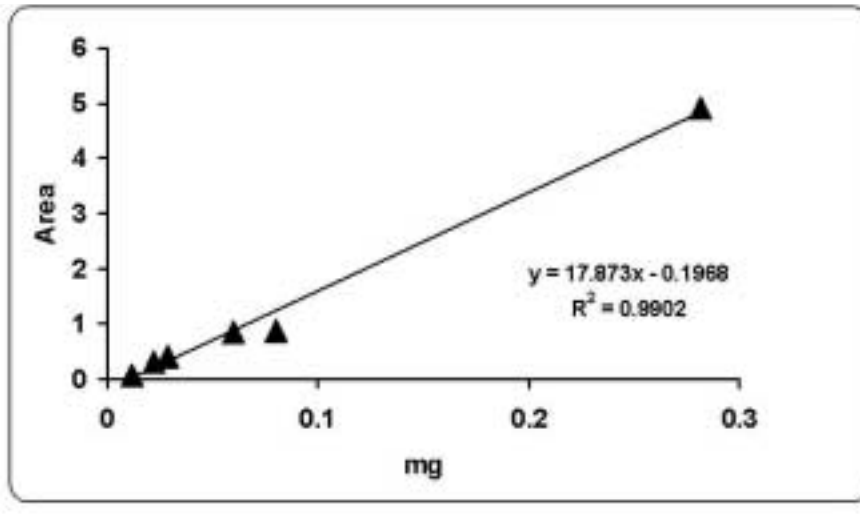


Fig. 8: Correlazione lineare dei valori delle aree delle bande di assorbimento dei filtri di nitrocellulosa caricati su sezione ridotta con crocidolite (banda centrata a 445 cm^{-1}), valutati con sottrazione dello spettro del filtro non caricato.

Nella fase successiva della sperimentazione analitica è stata verificata l'applicabilità della tecnica di analisi spettrale dedicata alle polveri massive, la riflettanza diffusa (Figura 9 e 10). Questa metodica consente di eliminare, in sede di preparazione dei campioni, la fase critica di ottenimento del disco a partire dalle dispersioni di polveri in KBr per le analisi in trasmissione; consente inoltre di eliminare, in sede di elaborazione del risultato, le operazioni matematiche legate alla sottrazione dello spettro del filtro non caricato, in quanto analisi diretta sulle polveri.

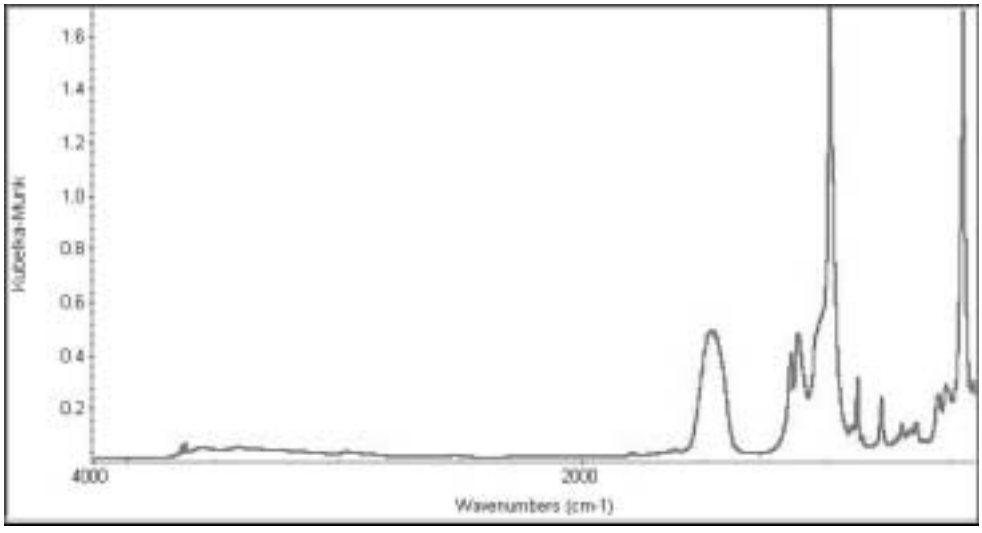


Fig. 9: Spettro FTIR completo in riflettanza diffusa da dispersione di crocidolite (1%/250 mg dispersione).

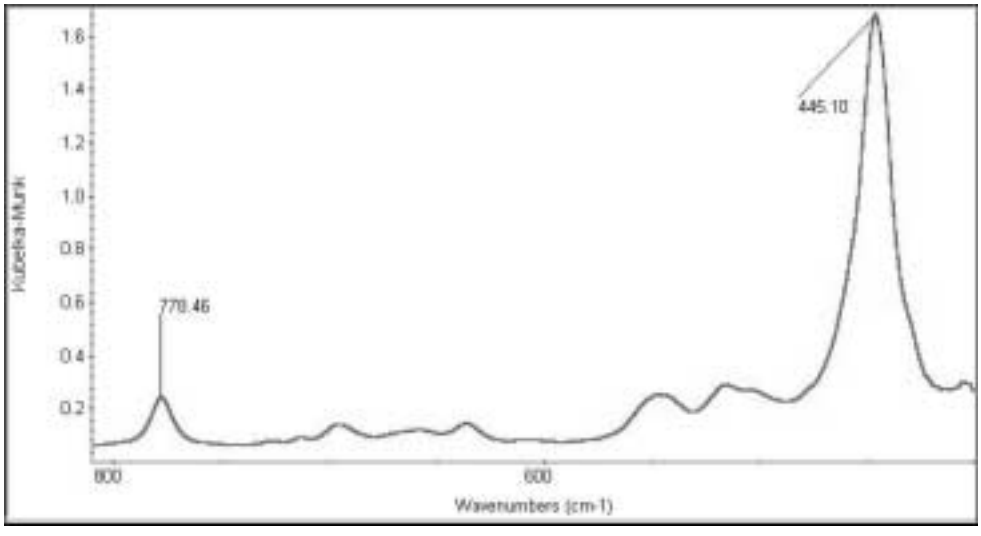


Fig. 10: Spettro FTIR in riflettanza diffusa da dispersione di crocidolite (1%/250 mg dispersione) nella zona di interesse analitico.

L'assetto dell'accessorio consente di catturare la radiazione infrarossa diffusa da campione di polvere posto nel pozzetto di un apposito portacampioni. La difficoltà insita nella tecnica è legata al fenomeno di dispersione del raggio derivante dalla granulometria delle polveri. Tale problematica viene in parte risolta attraverso una preliminare omogeneizzazione dei campioni, ma soprattutto attraverso una particolare elaborazione dei dati spettrali per ottenere un formato finale dello spettro nel quale in ordinata le unità di misura prendono il nome di unità Kubelka-Munk, dal nome dello studioso che ha elaborato la correzione per lo scattering dalle polveri [10].
I risultati ottenuti mostrano un'ottima correlazione dei valori sperimentali (Figura 11), con un valore minimo di crocidolite esaminata pari al $5x10^{-3}$% (12,6 µg/250 mg di dispersione), che quindi sembra attestare intorno alla decina di mg di polveri il limite minimo di rilevabilità attualmente raggiunto. Una purificazione adeguata del campione in nostro possesso, abbinata a trattamenti per via umida e/o termici di arricchimento dello stesso, potrebbero consentire di portare questo limite al disotto del microgrammo.

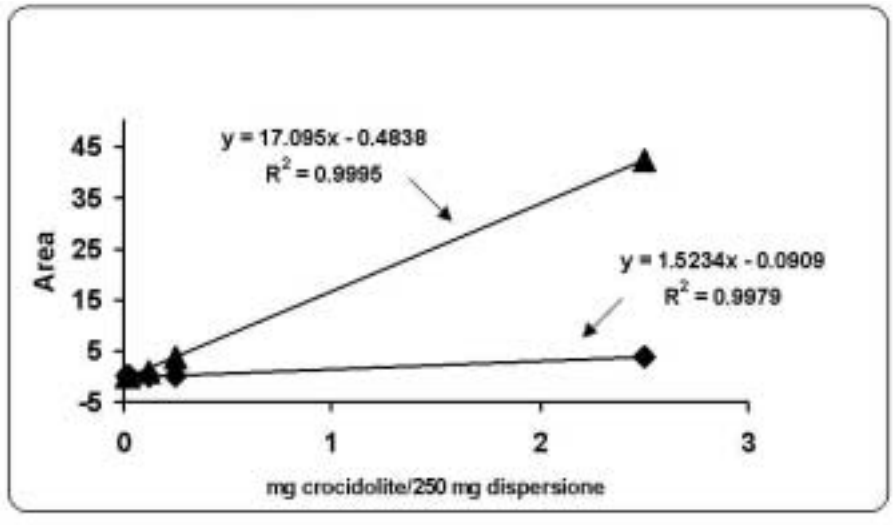


Fig. 11: Correlazione lineare dei valori delle aree delle bande di assorbimento di dispersioni di crocidolite in KBr con la tecnica di riflettanza diffusa (▲ 445 cm^{-1}; ◆ 775 cm^{-1}).

4. Conclusioni

Le potenzialità offerte dallo sviluppo della strumentazione di analisi spettrofotometrica nell'infrarosso hanno rinnovato l'interesse per la sua applicazione nella determinazione dell'amianto. L'introduzione di nuovi accessori strumentali e l'implementazione di programmi di gestione comprendenti l'elaborazione matematica ha notevolmente incrementato la sensibilità strumentale, che nel presente lavoro ha raggiunto quantitativi dell'ordine della decina di µg. La purificazione adeguata del campione, trattamenti per via umida e/o termici di arricchimento dello stesso, l'adozione di nuove metodologie di campionamento su filtri di diverso materiale, confrontati con i risultati analitici ottenuti da standard di purezza certificata da organismi inter-

nazionali, si configurano quindi come sicuro viatico per il raggiungimento di sensibilità analitiche dell'ordine del microgrammo, utili per l'applicazione della metodica studiata nel settore dell'igiene industriale ed in quello delle analisi ambientali.
In aggiunta, la possibilità di combinare economicità della strumentazione e rapidità di esecuzione dell'analisi, nonché di utilizzare in abbinamento l'altrettanto economica tecnica della microscopia ottica, consentirebbe alle Strutture Regionali della Consulenza di sviluppare propri percorsi analitici aggiuntivi, a fronte di un moderato investimento economico.

BIBLIOGRAFIA

Decreto Legislativo 15 agosto 1991, n. 277.

Legge 27 marzo 1992, n. 257.

Decreto Ministeriale 6 settembre 1994.

Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 114.

Decreto Ministeriale 14 maggio 1996.

A. Marconi, *Ann. Ist. Sup. Sanità*, **19** (1983) 629-638.

F. Valerio, D. Balducci, in: "Non-Occupational Exposure to Mineral Fibres", J. Bignon, J. Peto, R. Saracci Eds., IARC Scientific Publ.. N. 90, IARC Lyon, 1989, pagg. 197-204.

S. Boenzi, F. G. A. Vagliasindi, D. Boenzi: R. M. A. Napoli, *Rifiuti Solidi*, **7** (1993) 257-264.

A. Marconi, D. Balducci, F. Valerio, in: "L'amianto: dall'ambiente di lavoro all'ambiente di vita. Nuovi indicatori per futuri effetti", a cura di C. Minoia, G. Scansetti, G. Piolatto, A. Massola, Fondazione Salvatore Maugeri, IRCCS, Pavia, I Documenti – 12, 1997, pagg. 197-204.

B. C. Smith, in: "Fundamentals of Fourier Tranform Infrared Spectroscopy", CRC Boca Raton Press, Boca Raton, 1996, pagg. 114-117 e pag 188.

IL DOSAGGIO DELLA SILICE LIBERA CRISTALLINA ATTRAVERSO LA SPETTROFOTOMETRIA FTIR: PRIMI RISULTATI RELATIVI A POLVERI CALCAREE CONTAMINATE CON QUARZO.

M. Casale, P. Desideri*, S. Sinopoli*, R. d'Angelo*, C. Novi**
* INAIL - Direzione Regionale Campania - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Nella presente nota viene descritta l'implementazione di una metodica di indagine per il quarzo basata sulla spettrofotometria FTIR. Tale metodica è stata applicata alla determinazione del quarzo in matrice calcarea attraverso l'analisi, sia di polveri massive (metodo DRIFT), sia della frazione respirabile di polveri aerodisperse depositate su filtri in policarbonato (metodo in trasmissione) ed ha sempre evidenziato un elevato coefficiente di correlazione tra il quantitativo di quarzo presente nel campione e la risposta dello strumento.

1 Premessa

Nell'ambito dell'igiene industriale il dosaggio del contenuto di quarzo nelle polveri presenti negli ambienti di lavoro riveste un interesse prioritario per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori al rischio di silicosi. Quest'ultima determinazione, in una visione di più ampio respiro, va posta in rapporto ai diversi comparti produttivi, al fine di monitorare il grado di esposizione a polveri di quarzo in relazione, sia al contenuto dello stesso nel materiale lavorato, sia alla tipologia di lavorazione.
In tale ottica si propone, a fianco di indagini strumentali di maggiore dettaglio, quale la diffrazione RX, l'utilizzo di metodiche di analisi caratterizzate da minori costi operativi che consentano di ottenere, in tempi brevi, risposte circa il contenuto in quarzo dei campioni esaminati, siano essi costituiti da polveri massive (materie prime, semilavorati, prodotti finiti, polveri sedimentate, fanghi di lavorazione, ecc.) o dalla frazione respirabile di polveri aerodisperse raccolta su filtro.
A tal fine è stata implementata una metodica di indagine basata sulla spettrofotometria IR a trasformata di Fourier ed applicata al dosaggio del quarzo in matrici costituite da polveri di carbonato di calcio; nella presente nota sono descritti i criteri di analisi utilizzati nonché i risultati conseguiti.

2 Materiali e strumenti

Le determinazioni sperimentali sono state eseguite su polveri di natura calcarea opportunamente contaminate da quarzo in proporzioni comprese tra 0 e 10 punti percentuale circa.
Lo standard utilizzato per il quarzo è stato fornito dal laboratorio di Roma della Con.T.A.R.P. Centrale; la matrice calcarea è il risultato della macinazione a granulometria controllata ($\leq$ 40 μm) di roccia calcarea cavata dal livello stratigrafico del Cretacico superiore, ascrivibile ai depositi della piattaforma carbonatica Abruzzese – Campana; dal punto di vista mineralogico si tratta di calcare puro al 99,7%.

La strumentazione e le attrezzature di laboratorio utilizzate sono state le seguenti:
- spettrofotometro IR a trasformata di Fourier Nicolet Instrument Corporation mod. NEXUS 470/670/870, con campo di numero d'onda esteso da 4000 a 400 cm^{-1} (le caratteristiche tecniche sono riportate in tab. 1);
- bilancia analitica elettronica Sartorius mod. MC5, muffola Nabertherm mod. LABOTHERM LH 15/13, campionatore personale AQUARIA mod. PERSONAL e ciclone Casella.

Le indagini condotte con lo spettrofotometro IR si sono basate su due tecniche principali, comunemente denominate DRIFT (*Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transformed*) e Spettroscopia in Trasmissione; l'analisi dei risultati si è basata sulla legge di Lambert-Beer.

Tabella 1

Caratteristiche tecniche della strumentazione FTIR utilizzata

Spettrofotometro	Nicolet - modello NEXUS
Sorgente	Infrarosso
Rivelatore	DGTS (solfato di triglicina deuterato) - KBr
Separatore di raggio	KBr
Spaziatura del campionamento	2 cm^{-1}
Velocità dello specchio mobile	0.6329
Apertura	100.00
Fattore moltiplicazione segnale	1 ÷ 8.0 (fisso o automatico)
Filtro passa alto	20 Hz
Filtro passa basso	11000 Hz
Numero d'onda del laser	15798.3 cm^{-1}
Frequenza del laser Raman	9393.6416 Hz

La tecnica DRIFT si basa sugli effetti ottici generati dalla riflettanza diffusa del raggio IR da parte di un campione in polvere massiva depositato in un opportuno pozzetto portacampioni. Le analisi sulle dispersioni di polveri in riflettanza diffusa sono state condotte utilizzando l'accessorio specifico (Avatar Diffuse Reflectance Smart Accessory) in dotazione allo strumento, nelle condizioni sperimentali indicate in tabella 2.

Tabella 2

Condizioni sperimentali di acquisizione in riflettanza diffusa (DRIFT).

Scansioni di acquisizione	128
Risoluzione	4 cm-1
Numero di punti scanditi	8480
Numero di punti FFT	8192
Posizione picco interferogramma	4096
Apodizzazione	Happ-Genzel
Correzione di fase	Mertz
Numero di punti	1868
Formato finale	Assorbanza vs numero d'onda (cm-1)

La spettroscopia in trasmissione si basa sugli effetti ottici generati dall'assorbimento da parte di un campione di un'aliquota dell'energia del raggio IR che lo attraversa.
Quest'ultima tecnica è stata applicata a filtri sui quali è stato preventivamente depositato un quantitativo noto della frazione respirabile di una polvere calcarea contaminata da quarzo. Tale deposizione su filtro è stata effettuata con una camera a polveri costruita allo scopo. La frazione respirabile della polvere opportunamente preparata è stata selezionata con un ciclone Casella montato sulla pompa AQUARIA che ha aspirato ad un flusso di 1,9 litri al minuto.
Le analisi in trasmissione sui filtri sono state condotte utilizzando il portafiltri in dotazione standard con lo strumento, nelle condizioni indicate in tabella 3.

Tabella 3

Condizioni sperimentali di acquisizione degli spettri su filtro in trasmissione.

Scansioni di acquisizione	128
Risoluzione	4 cm-1
Numero di punti scanditi	8480
Numero di punti FFT	8192
Posizione picco interferogramma	4096
Apodizzazione	Happ-Genzel
Correzione di fase	Mertz
Numero di punti	1868
Formato finale	Assorbanza vs numero d'onda (cm-1)

3 Analisi spettrale all'infrarosso delle polveri indagate

Nell'ottica di individuare la regione dello spettro di assorbimento IR che meglio si presta alla determinazione quantitativa del quarzo in una polvere a matrice calcarea, sono stati registrati gli spettri di entrambi gli standard utilizzati; successivamente essi sono stati posti a confronto con lo spettro di una miscela delle due polveri (figg. 1/a, 1/b, 1/c).
L'obiettivo specifico è stato analizzare gli spettri IR del quarzo e del carbonato di calcio e, per ognuno di essi, individuare e descrivere le bande di assorbimento attribuite alle vibrazioni dei legami dei rispettivi minerali. Sulla base di questi risultati sono state individuate, nell'ambito dello spettro IR di una polvere calcarea contaminata da quarzo, le bande di assorbimento da imputare principalmente, se non esclusivamente, ai legami del quarzo in quanto influenzate in misura nulla o comunque trascurabile della presenza della polvere di calcare.
Le polveri sono state esaminate in prima analisi con la tecnica DRIFT. Gli spettri di assorbimento della radiazione IR registrati sono compresi tra 4000 e 400 cm^{-1} (fig. 1/a, 1/b, 1/c).
Per la polvere di quarzo i principali assorbimenti della radiazione IR sono stati riscontrati in corrispondenza dei seguenti intervalli di numeri d'onda (fig. 1/a):
- 1250/1000 cm^{-1}, associati alle vibrazioni antisimmetriche di *stretching* del legame Si – O – Si;
- 820/760 cm^{-1}, caratteristici delle vibrazioni dovute alla struttura polimerizzata del quarzo;
- 705/685 cm^{-1}, imputabili alla vibrazione di *stretching* del legame semplice;
- 545/435 cm^{-1}, associati alle vibrazioni di *bending* fuori dal piano del legame O – Si – O.

Per la polvere di calcare i principali assorbimenti della radiazione IR sono stati riscontrati in corrispondenza dei seguenti numeri d'onda (fig. 1/b):
- 3000/2850 e 2630/2450 cm^{-1}, associati alla vibrazione di *stretching*;

- 1540/1340 cm^{-1}, caratteristici della vibrazione di *stretching* asimmetrico del legame doppio;
- 888/860 e 850/844 cm^{-1}, caratteristici della vibrazione di *stretching* del legame semplice;
- 725/700 cm^{-1}, imputabili alla vibrazione di *stretching* del legame semplice.

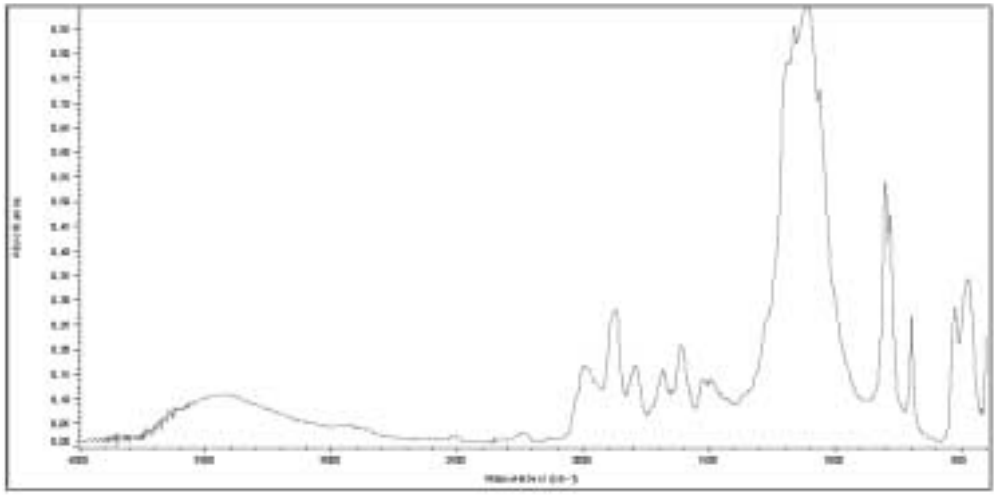


Fig. 1/a: Spettro di assorbimento IR di una polvere di quarzo.

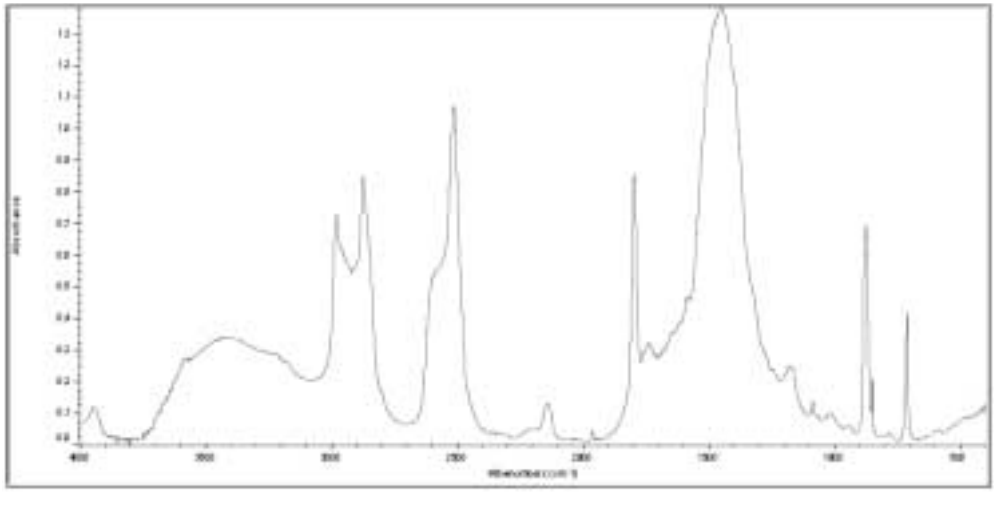


Fig. 1/b: Spettro di assorbimento IR di una polvere di $CaCO_3$.

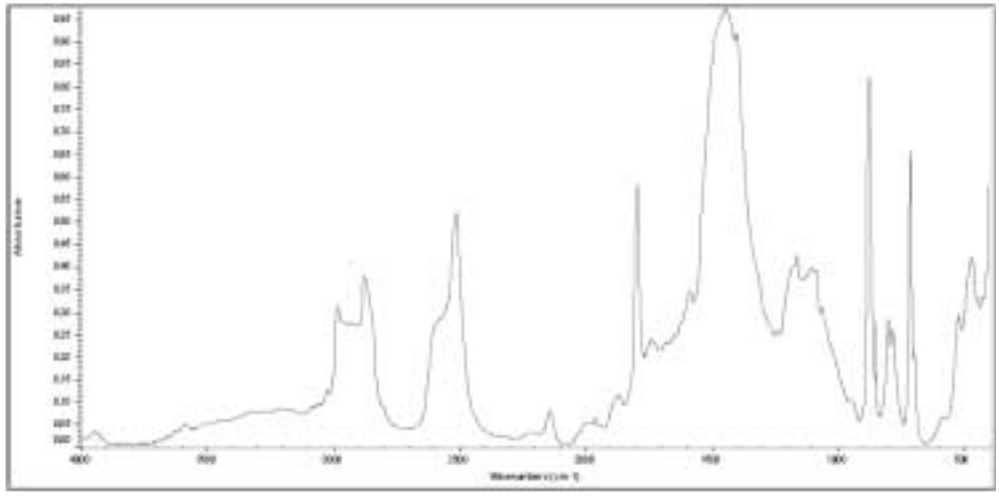


Fig. 1/c: Spettro di assorbimento IR di una polvere di $CaCO_3$ contaminata da quarzo.

Come si evince dallo spettro IR della polvere di calcare contaminata da quarzo (Pi in fig. 2), la banda di assorbimento attribuita alle vibrazioni dei legami del quarzo osservabile in corrispondenza della regione compresa tra 820 e 760 cm^{-1} risente in misura nulla o comunque trascurabile della presenza del calcare; diversamente, gli assorbimenti nella regione dello spettro compresa tra 705 e 685 cm^{-1} sono chiaramente influenzati dalla presenza della matrice calcarea. Infine, le bande di assorbimento nella regione compresa tra 545 e 435 cm^{-1}, sebbene utili ai fini di un riconoscimento qualitativo della presenza di quarzo nella polvere calcarea, sono difficilmente utilizzabili per un dosaggio dello stesso, in quanto caratterizzate da uno sfavorevole rapporto segnale/rumore.

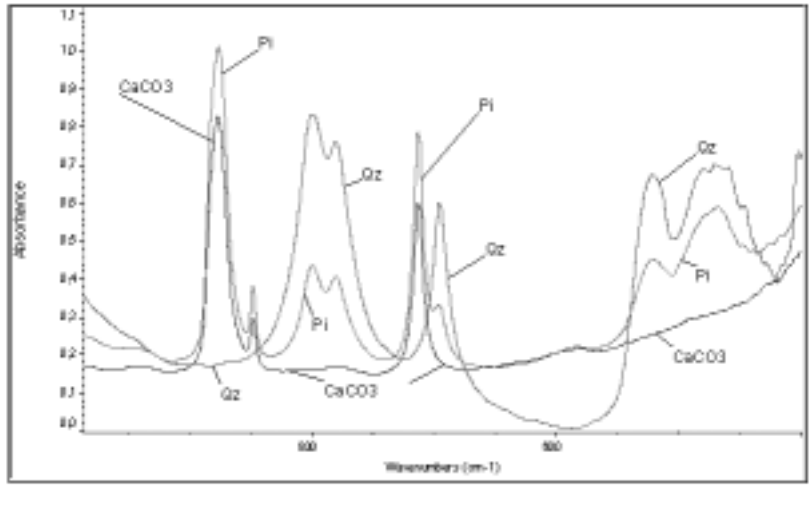


Fig. 2: Spettri di assorbimento IR (numeri d'onda compresi tra 1000 e 400 cm^{-1}) di polvere di quarzo (Qz), polvere di calcare ($CaCO_3$) e polvere calcarea contaminata da quarzo (Pi).

Pertanto, anche in virtù di un fenomeno di assorbanza contenuto al di sotto del "limite di saturazione" (limite di validità della legge di Lambert-Beer), le grandezze prese a riferimento per la determinazione quantitativa del quarzo nelle polveri calcaree sono state le altezze (rispettivamente H1 e H2 in fig. 3) in corrispondenza dei numeri d'onda 800 e 781 cm^{-1}, misurate rispetto alla linea di base e espresse in unità di assorbanza. E' stata inoltre presa in esame l'area sottesa da tale doppia banda di assorbimento della radiazione IR rispetto alla linea di base ("Area" in fig. 3).
Inoltre, a titolo di verifica dei risultati ottenuti, il valore di assorbanza misurato in corrispondenza della banda di assorbimento osservata a 875 cm^{-1} ($hCaCO_3$ in fig. 3), sebbene sovente prossimo al "limite di saturazione", è stato posto in correlazione al quantitativo (e, quindi, alla concentrazione) di carbonato di calcio presente nel campione esaminato.

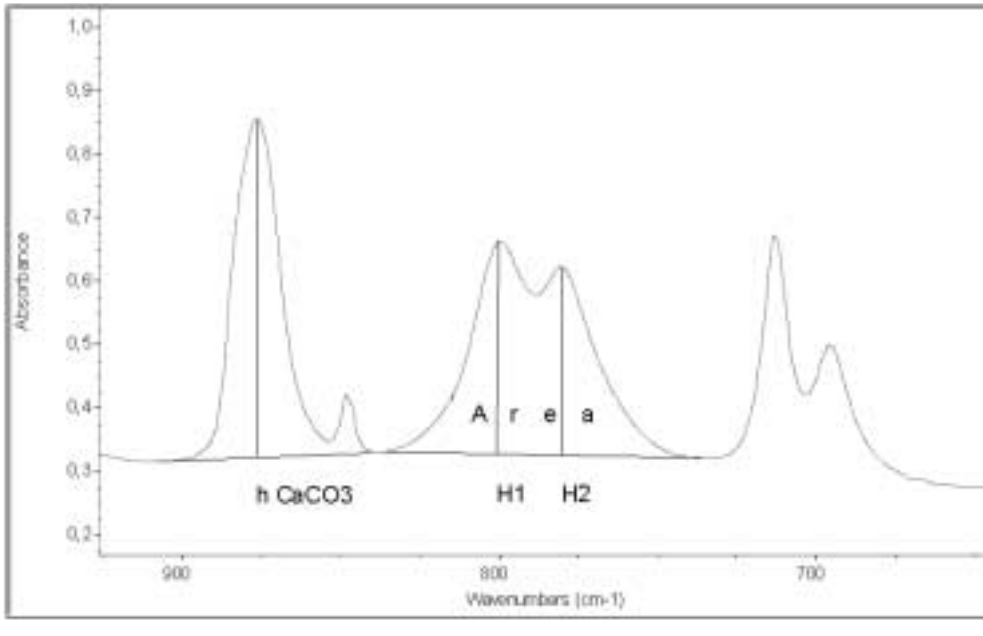


Fig. 3: Spettro di assorbimento IR di una polvere calcarea contaminata da quarzo: grandezze prese a riferimento per il dosaggio del quarzo (H1, H2 e Area) e del calcare (h $CaCO_3$).

3.1 Spettrofotometria in Riflettanza diffusa (DRIFT): preparazione dei campioni e risultati

Sono state preparate 8 miscele di polvere di carbonato di calcio contaminata da quarzo in concentrazione crescente (da P1 a P8 in tab. 4).
Le polveri indagate sono calcari con una concentrazione di quarzo minima pari a 0.0% e massima pari a circa il 10%.
Ogni singola miscela di calcare e quarzo è stata ottenuta attraverso preventivo essiccamento degli standard in muffola a 105°C per 4 ore circa e conservati in essiccatore.
Successivamente la miscela è stata macinata per circa cinque minuti in un mortaio di agata, allo

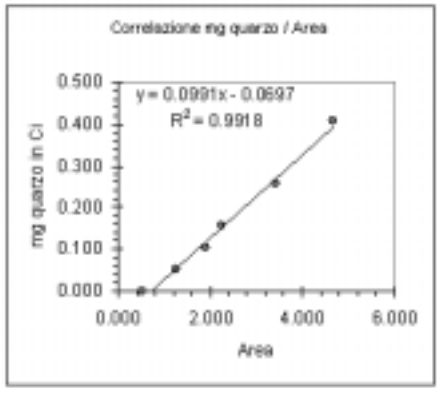
scopo di omogeneizzarne la granulometria ed ottenere una completa miscelazione.
Ognuna delle polveri così ottenute, nonché la polvere di calcare puro, è stata miscelata in KBr secondo un rapporto di circa 1:24 ottenendo campioni del peso finale di circa 250 mg (cfr. tab. 4).
Il KBr prima di essere miscelato, va macinato in mortaio d'agata per circa cinque minuti e posto in muffola a 105°C per circa quattro ore e conservato in essiccatore.
Al termine di questo procedimento i singoli campioni sono stati di volta in volta posti nel pozzetto porta-campioni ed inseriti nel FTIR per essere analizzati.
Le condizioni strumentali dell'esperimento sono state mantenute costanti; in particolare, durante la registrazione di tutti gli spettri, sono stati garantiti uguali valori, sia di amplificazione del segnale, sia di dettaglio delle informazioni registrate (cfr. tab. 2).

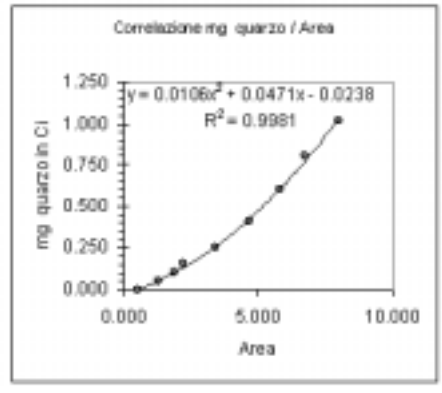
Tabella 4

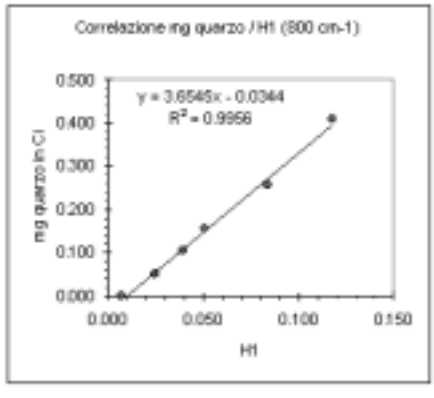
Caratteristiche delle polveri e dei campioni esaminati con la tecnica di analisi DRIFT.

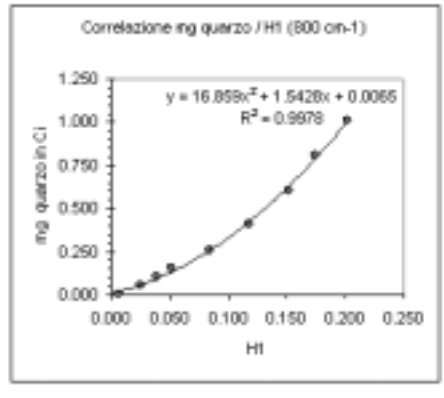
Polvere	% quarzo in polvere	n° campione	mg quarzo	mg CaCO3	mg KBr
CaCO3	0.000	C 0	0.000	10.033	240.158
P 1	0.511	C 1	0.051	9.992	240.120
P 2	1.046	C 2	0.105	9.903	240.176
P 3	1.544	C 3	0.156	9.918	240.190
P 4	2.552	C 4	0.258	9.835	240.309
P 5	4.042	C 5	0.408	9.678	240.065
P 6	6.053	C 6	0.606	9.414	240.000
P 7	8.024	C 7	0.808	9.260	240.000
P 8	10.034	C 8	1.011	9.067	240.095

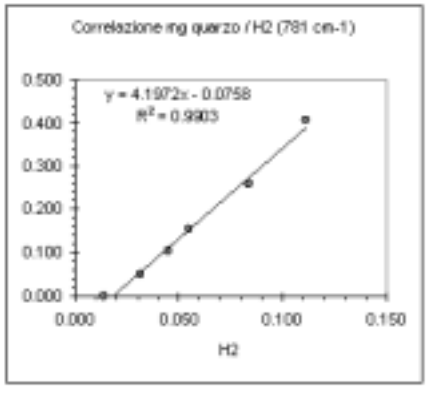
Per ogni spettro ottenuto sono stati misurati i valori delle grandezze H1, H2 e Area (cfr. fig. 3). I valori rilevati sono stati posti in relazione al quantitativo di quarzo presente nei rispettivi campioni (fig. 4). L'interpolazione dei punti è stata effettuata considerando i soli campioni caratterizzati da una concentrazione di quarzo inferiore al 4%, in quanto rappresentativi della maggioranza dei calcari delle successioni appenniniche di piattaforma carbonatica.
Le funzioni di regressione lineare sono state calcolate con il metodo dei minimi quadrati e sono caratterizzate da valori del coefficiente di correlazione R^2 molto elevati (compresi tra 0.9903 e 0.9956).
In figura 5 sono rappresentate le correlazioni tra le grandezze misurate e il quantitativo di quarzo per tutti i campioni analizzati, comprendenti polveri di calcare caratterizzate da concentrazioni di quarzo fino al 10%. Le funzioni che meglio interpolano i punti sono di tipo polinomiale di secondo grado e presentano valori del coefficiente di correlazione R^2 compresi tra 0.9986 e 0.9978 (fig. 5).











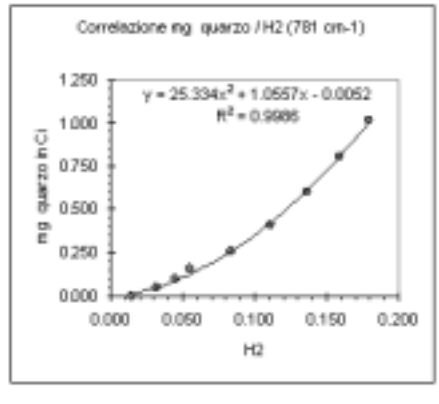


Fig. 4: Correlazione lineare tra il peso di quarzo nei singoli campioni e il valore di Area, H1 e H2 (quarzo ≤ 4.0%).

Fig. 5: Correlazione tra il peso di quarzo nei singoli campioni e il valore di Area, H1 e H2 (cfr. fig. 3).

Le stime condotte con l'ausilio delle regressioni lineari non differiscono in misura sostanziale da quelle ottenute con le funzioni di stima polinomiali di secondo grado (fig. 6).

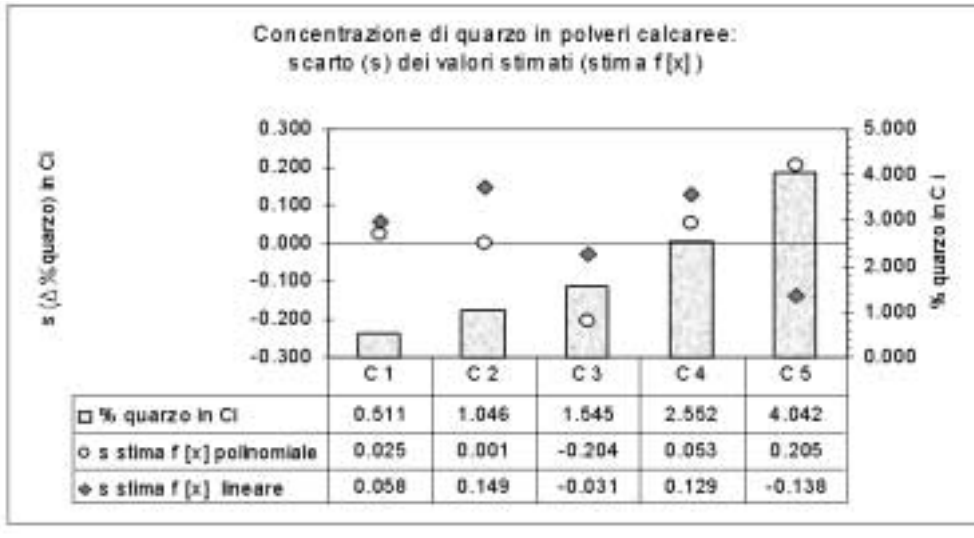


Fig. 6: Raffronto tra gli scarti delle stime rispetto ai valori reali (s stima) in funzione del tipo di regressione utilizzata (i valori sono espressi in percentuale di quarzo nel campione).

Allo scopo di verificare, sia pure indirettamente, i risultati ottenuti, sono stati posti in relazione i valori di h $CaCO_3$ (cfr. fig. 3) al quantitativo di calcare presente nei singoli campioni (fig. 7).

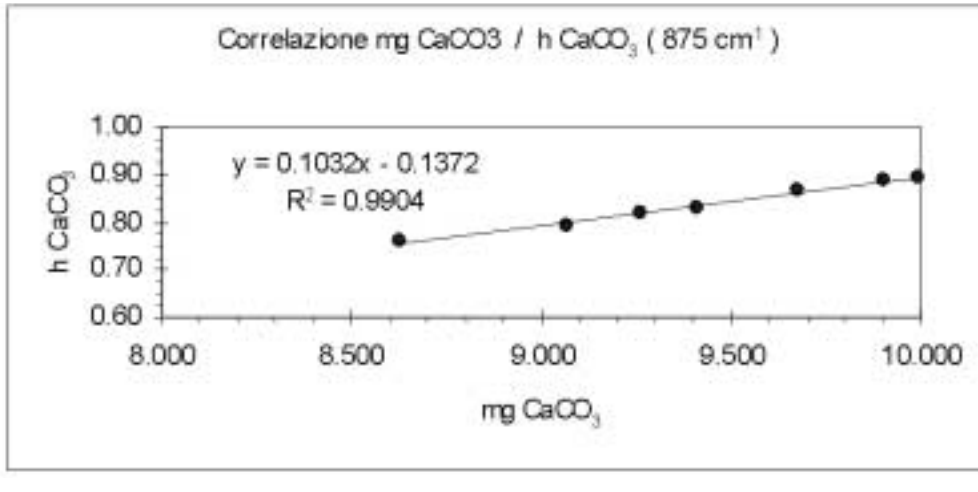


Fig. 7: Correlazione lineare tra il peso di calcare nei singoli campioni e il valore in unità di assorbanza di hCaCO3 (cfr. fig. 3).

I risultati di tale correlazione sono stati anch'essi soddisfacenti, a riprova della affidabilità del metodo.

3.2 Spettrofotometria in trasmissione: preparazione dei campioni e risultati

La tecnica di indagine spettrofotometrica in trasmissione è stata finalizzata alla determinazione del quantitativo di quarzo presente in una polvere a matrice calcarea depositata sulla superficie di un filtro.
Sono stati presi in considerazione i filtri in nitrato di cellulosa, in policloruro di vinile (PVC) e in policarbonato; al termine di uno *screening* iniziale la scelta è ricaduta su questi ultimi (marca Orthopore, porosità 0.8 mm, diametro 25 mm) sulla base delle seguenti motivazioni:
- ridotto assorbimento della radiazione IR;
- assenza di picchi di assorbimento della radiazione IR in corrispondenza dei numeri d'onda caratteristici dei legami del quarzo;
- costanza delle caratteristiche di peso e, quindi, di spessore;
- costanza delle caratteristiche dello spettro di assorbimento IR.

Ai fini di una taratura della metodica sono stati condizionati e pesati 8 filtri in policarbonato (tab. 5).
Per ognuno di essi è stato registrato lo spettro IR prima della deposizione della polvere (filtro "bianco" in fig. 8); in seguito, sulla superficie di ogni singolo filtro sono stati depositati quantitativi crescenti della frazione respirabile di una polvere calcarea contenente quarzo al 2%. L'impolveramento dei filtri è stato effettuato mediante una camera a polveri realizzata allo scopo; la frazione respirabile della polvere aspirata è stata selezionata attraverso un ciclone. I quantitativi raccolti su ciascun filtro sono stati determinati attraverso la doppia pesata e posti in relazione ad un campionamento "tipo" della durata di quattro ore ad una portata di 1.9 l/minuto; i quantitativi assoluti di quarzo sono stati quindi espressi in termini di concentrazione (mg / mc) di frazione respirabile (tab. 5).

Tabella 5

Quantitativi di polvere calcarea al 2% di quarzo depositata sui singoli filtri: valori assoluti e relative concentrazioni di quarzo rapportate ad un campionamento "tipo" (t = 4 h; Q = 1.9 l/min).

n° filtro	mg polvere	mg quarzo / mc
C 1	0.027	0.001
C 2	0.106	0.005
C 3	0.324	0.014
C 4	0.458	0.020
C 5	0.704	0.031
C 6	0.913	0.040
C 7	1.170	0.051
C 8	1.328	0.058

Di ogni filtro preparato in camera a polveri è stato successivamente registrato lo spettro di assorbimento (filtro "carico" in fig. 8).
Le condizioni strumentali dell'esperimento sono state mantenute costanti; in particolare sono stati garantiti per tutti gli spettri uguali valori di amplificazione del segnale e di precisione delle informazioni registrate.

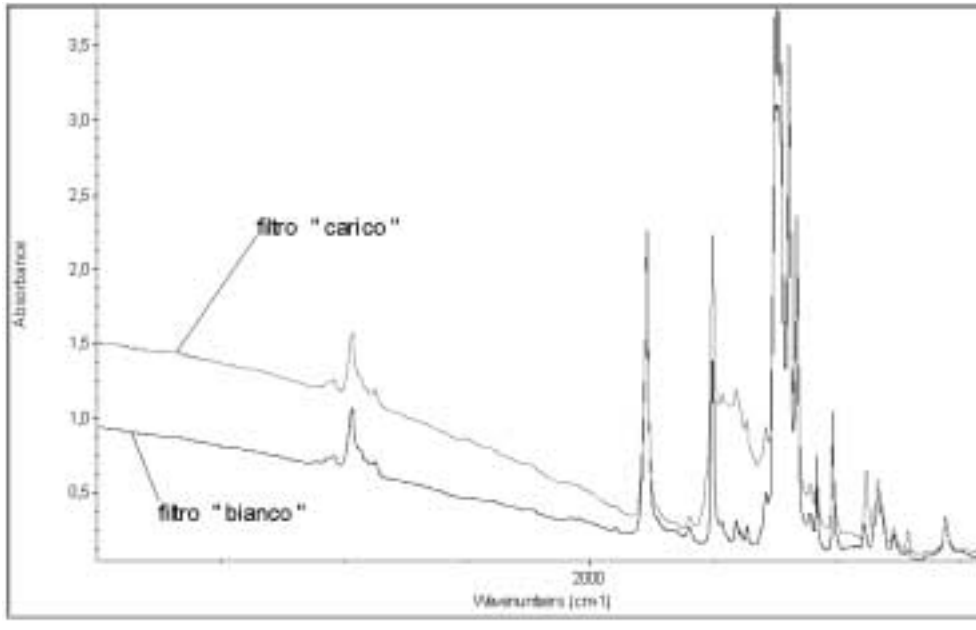


Fig. 8: Spettri di assorbimento IR di un filtro di policarbonato: prima della deposizione della polvere calcarea contaminata da quarzo (filtro "bianco") e dopo il procedimento di impolveramento (filtro "carico"). Risulta evidente l'aumento complessivo del fenomeno di assorbimento della radiazione IR da parte del filtro impolverato.

Allo scopo di eliminare dallo spettro IR il contributo del supporto in policarbonato e, quindi, evidenziare i fenomeni di assorbimento dovuti alla sola polvere calcarea con quarzo, è stato sottratto dallo spettro del filtro "carico" quello relativo allo stesso filtro prima della deposizione della polvere (filtro "bianco" in fig. 8); in pratica, in corrispondenza di ogni numero d'onda, al valore dell'assorbimento dovuto all'insieme "filtro in policarbonato – polvere" è stato sottratto il valore di assorbimento dovuto al solo filtro.
Il fattore di sottrazione è stato mantenuto rigorosamente uguale a 1 per tutti i filtri, garantendo quindi per tutti i campioni l'eliminazione in ugual misura del contributo dovuto al rispettivo filtro in policarbonato.
Per ogni spettro risultato della sottrazione sono stati misurati i valori di H1, H2 e Area e sono stati posti in correlazione ai relativi valori delle concentrazioni di quarzo respirabile (cfr. tab. 5 e figg. 9/a, 9/b, 9/c).
Le funzioni di correlazione che minimizzano gli scarti sono di tipo lineare e sono caratterizzate da valori del coefficiente di correlazione R^2 compresi tra 0.971 e 0.989.

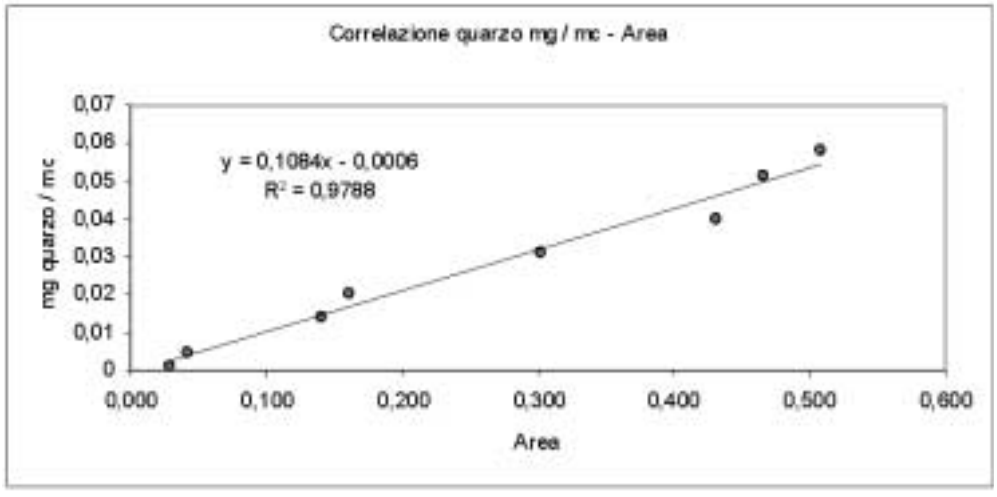


Fig. 9/a: Correlazione tra la concentrazione di quarzo nelle polveri e il valore di Area (cfr. fig. 3).

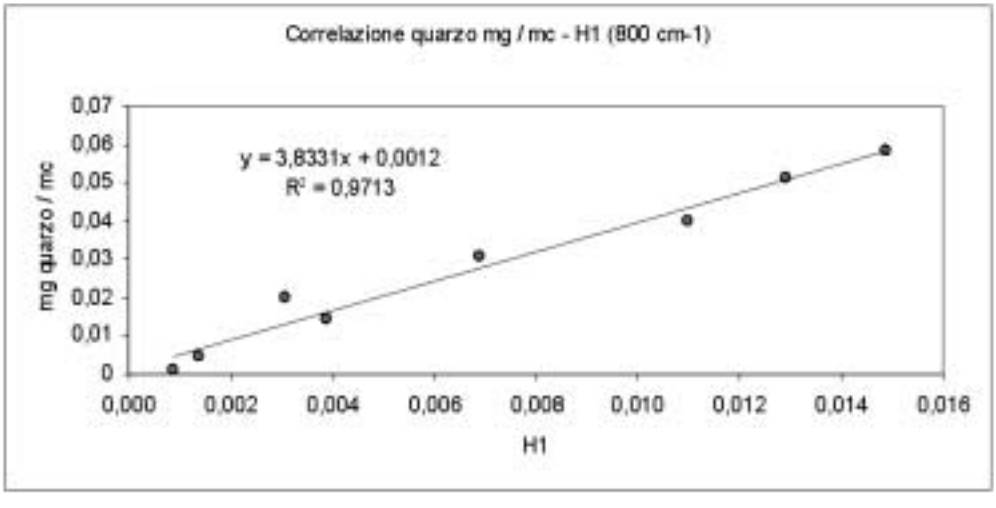


Fig. 9/b: Correlazione tra la concentrazione di quarzo nelle polveri e il valore di unità di assorbanza di H1 (cfr. fig. 3).

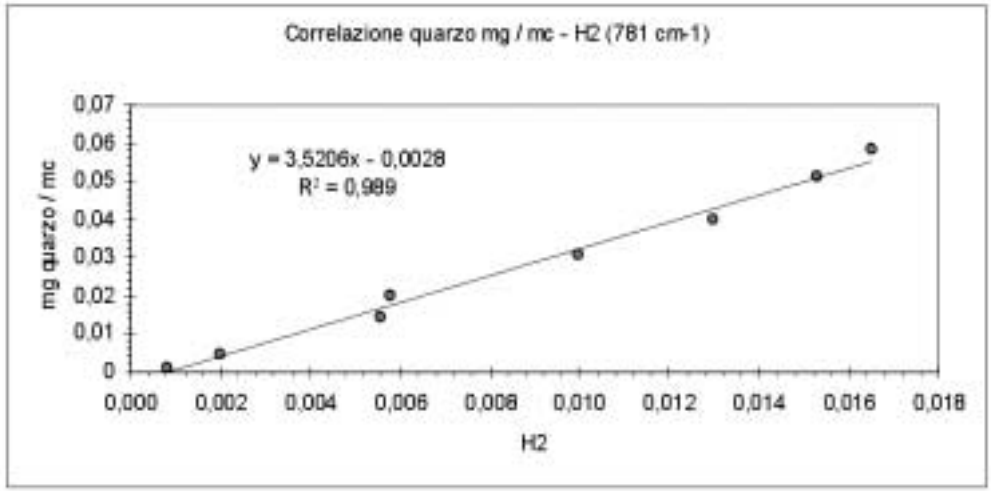


Fig. 9/c: Correlazione tra la concentrazione di quarzo nelle polveri e il valore di unità di assorbanza di H2 (cfr. fig. 3).

Analogamente a quanto effettuato per le determinazioni eseguite con la tecnica DRIFT, sono stati posti in relazione i valori di h $CaCO_3$ (cfr. fig. 3) alla concentrazione di calcare riferibile ai singoli campioni (fig. 10) verificando, sia pure indirettamente, i risultati ottenuti.

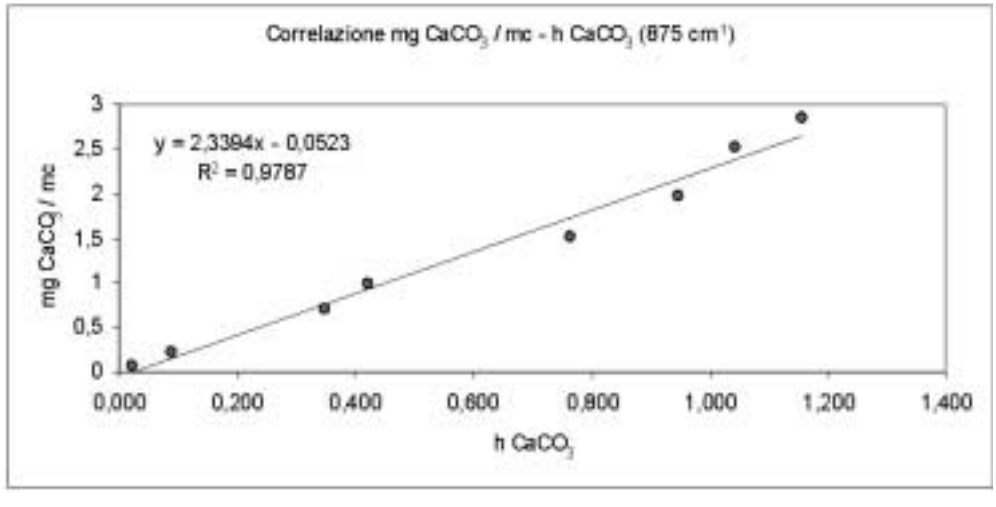


Fig. 10: Correlazione lineare tra il peso di calcare nei singoli campioni e il valore in unità di assorbanza di hCaCO3 (cfr. fig. 3).

Questi risultati, sebbene di carattere preliminare, evidenziano l'esistenza di un elevato grado di correlabilità tra la risposta della strumentazione utilizzata e il quantitativo di quarzo depositato sul filtro. Tale correlazione richiede un rigoroso percorso di validazione, che va articolato nei seguenti punti:

- esecuzione di ulteriori determinazioni, finalizzate a verificare la riproducibilità delle misure e l'influenza dell'entità della concentrazione della polvere di quarzo nella matrice calcarea;
- validazione, con l'ausilio dell'analisi DRX, dei quantitativi di quarzo depositati su filtro, riproducendo i singoli punti sperimentali.

4 Conclusioni

L'implementazione e successiva applicazione di una metodica di indagine basata sulla spettrofotometria FTIR per il dosaggio del quarzo in matrici costituite da polveri di carbonato di calcio ha fornito risultati più che soddisfacenti.
La metodica è stata applicata all'analisi, sia di polveri massive (metodo DRIFT), sia della frazione respirabile di polveri aerodisperse depositate su filtri in policarbonato (metodo in trasmissione) ed ha evidenziato, in entrambi i casi, una forte correlazione tra la risposta dello strumento e il quantitativo di quarzo nel campione indagato. Questo risultato è testimoniato da valori del relativo coefficiente R^2 mai inferiori a 0.971; in particolare, per l'analisi dei campioni massivi con il metodo DRIFT il valore del coefficiente di correlazione R^2 della funzione di interpolazione polinomiale di secondo grado è risultato sempre maggiore di 0.997.
La metodica descritta necessita, per essere pienamente operativa, di una fase di validazione mirata, sia a valutare, su una base statistica più ampia, la riproducibilità delle misure e il peso delle diverse variabili sperimentali, sia a confrontare la sensibilità di tale tecnica con altre che sono attualmente ampiamente consolidate per tale tipo di indagini (ad es. la DRX).
Sulla base dei risultati positivi ottenuti appare evidente che la spettrofotometria FTIR risulta potenzialmente idonea per la valutazione del contenuto di quarzo in matrici naturali ed artificiali più diffuse e di maggiore interesse ai fini igienistici.

BIBLIOGRAFIA

AIDII: "Valori limite di soglia, indici biologici di esposizione - ACGIH 1996/97, GIORNALE DEGLI IGIENISTI INDUSTRIALI, suppl. vol. 22, n.1, gennaio 1997.

C. Brian Smith: Foundamentals of Fourier Transform Infrared Spectroscopy, CRC Press, Boca Raton – London – New York – Washington D.C..

D. Andretta, A. Iotti, U. Verdel: La valutazione del rischio da silice: nuovi elementi". Quaderni della Rivista degli Infortuni e delle Malattie Professionali, Edizioni INAIL, 1997.

G. Casciani, G. Ripanucci, U. Verdel: "La silice libera in natura e nei prodotti artificiali". Collana di monografie tecniche sulle malattie professionali, n. 1, Edizioni INAIL, 1982.

G. Ripanucci: "Guida metodologica nell'accertamento del rischio silicosi". Edizioni INAIL, 1992.

M. Parotto, U. Verdel: "Individuazione di aree a rischio da calcari". Rivista degli Infortuni e delle Malattie Professionali fasc. n. 1-2 (Gennaio - Aprile) 1980.

R. Cozzi, P. Protti, T. Ruaro: "Analisi chimica – moderni metodi strumentali - teoria-strumentazione", Zanichelli Editore, 1992.

W.F. Melvin: "Air sampling and analysis for contaminants in workplaces" in "Air sampling Instruments for evaluation of atmospheric Contaminants", VI Ed., 1983, ACGIH, Cincinnati, OH.

IL BENZENE: RISCHIO GENERICO E RISCHIO PROFESSIONALE

C. Guidi, R. Gallanelli**
* INAIL - Direzione Regionale Liguria - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

In molti studi epidemiologici sull'inquinamento atmosferico si assume implicitamente, e con un eccesso di semplificazione, che l'esposizione agli inquinanti sia riflessa dalle concentrazioni misurate mediante una stazione di monitoraggio centrale. L'esposizione si inserisce piuttosto in un "continuum" di eventi, che inizia con l'emissione degli inquinanti e termina con l'effetto indotto: dopo il rilascio degli inquinanti nell'ambiente da parte della sorgente emittente, si verificano i seguenti fenomeni: la diffusione e le trasformazioni degli inquinanti, il loro accumulo nell'ambiente, l'esposizione, i primi segnali di alterazione biologica ed, infine, l'effetto sanitario.
In questo contesto si è deciso di focalizzare la nostra attenzione sul benzene in considerazione del fatto che si tratta di una sostanza cancerogena non soltanto di uso industriale ma anche largamente diffusa come inquinante nell'ambiente.
Potrebbe risultare di particolare interesse per il nostro Istituto distinguere tra rischio generico e rischio professionale legato all'esposizione a questa sostanza.
Si esaminano pertanto le fonti di immissione nell'ambiente, le vie di assorbimento, il metabolismo e le tecniche per la determinazione del benzene.

Introduzione e definizioni

Per stabilire delle correlazioni fra effetti tossici e livelli di inquinanti che li hanno indotti, è importante conoscere l'esposizione della popolazione. L'esposizione viene definita come il contatto tra un organismo vivente ed uno specifico inquinante, o una miscela di inquinanti, a determinate concentrazioni e per un certo periodo di tempo.
In molti studi epidemiologici sull'inquinamento atmosferico si assume implicitamente, e con un eccesso di semplificazione, che l'esposizione agli inquinanti sia riflessa dalle concentrazioni misurate mediante una stazione di monitoraggio centrale. L'esposizione si inserisce piuttosto in un "continuum" di eventi, che inizia con l'emissione degli inquinanti e termina con l'effetto indotto: dopo il rilascio degli inquinanti nell'ambiente da parte della sorgente emittente, si verificano i seguenti fenomeni: la diffusione e le trasformazioni degli inquinanti, il loro accumulo nell'ambiente, l'esposizione, i primi segnali di alterazione biologica ed, infine, l'effetto sanitario.
L'esposizione agli inquinanti dell'aria può avvenire, oltre che direttamente per inalazione, anche mediante l'ingestione dei composti tossici che, per deposizione al suolo e assorbimento da parte delle piante e degli animali, penetrano nella catena alimentare e sono quindi presenti nel cibo o nell'acqua potabile. In particolare, alcune sostanze, come ad esempio i metalli pesanti o certi composti organici lipofili scarsamente degradabili (esempio classico il DDT), anche se presenti nell'ambiente a concentrazioni estremamente basse, tendono a concentrarsi negli organismi vegetali e animali. Questo fenomeno si verifica quando gli esseri viventi non riescono a eliminare completamente le suddette sostanze mediante i normali processi di escrezione e, pertanto, esse si accumulano sempre più ad ogni passaggio della catena alimentare. Per questo motivo l'ingestione può costituire per l'uomo, che si trova nella parte terminale della catena alimentare, una fonte pericolosa di sostanze tossiche.

Nell'esposizione all'aria ambiente l'assorbimento cutaneo è, generalmente, secondario mentre l'inalazione rappresenta la principale via di esposizione agli inquinanti dell'aria e l'apparato respiratorio costituisce, nella maggioranza dei casi, il principale organo bersaglio di tossicità.
L'esposizione umana agli inquinanti dell'aria può essere di tipo acuto o cronico. Si definisce "acuta" l'esposizione a concentrazioni relativamente elevate di inquinanti per un breve periodo di tempo, come quella che si verifica in caso di incidenti. Essa può indurre effetti sanitari a breve termine (detti anche immediati o acuti) la cui gravità è correlata alla dose e che, nei soggetti sani, possono essere transitori e rappresentati da riduzioni degli indici di funzionalità respiratoria, da sintomi di irritazione tracheo-bronchiale (tosse, difficoltà respiratoria, sensazione di mancanza d'aria e oppressione) e da irritazione e bruciore degli occhi. Negli individui affetti da patologie respiratorie e cardiovascolari croniche, gli effetti dell'azione irritante degli inquinanti possono essere piuttosto gravi e consistono nell'aggravamento della sintomatologia respiratoria che può portare anche alla morte per insufficienza respiratoria.
Si definisce "cronica" l'esposizione frequente, ma per brevi periodi di tempo, a concentrazioni elevate oppure l'esposizione prolungata e continua a concentrazioni basse di inquinanti, come si verifica nei grandi centri urbani e in aree industriali. In questo caso, gli effetti sanitari indotti sono essenzialmente a lungo termine (detti anche ritardati o cronici), ma non sono da escludere anche effetti acuti in seguito a ciascuna esposizione.
Il tempo di esposizione è quindi un parametro estremamente importante nel determinare l'effetto; si può addirittura verificare il caso che una stessa dose di composto sia in grado di produrre un effetto indesiderato se somministrata in una unica soluzione, e di non produrre alcun effetto se somministrata ad intervalli. Ciò si verifica quando fra una somministrazione e l'altra si determinano fenomeni di biotrasformazione o escrezione del composto tossico e di riparazione del danno indotto.
Gli effetti a lungo termine associati all'inquinamento dell'aria sono essenzialmente: la bronchite cronica, l'enfisema, l'asma bronchiale (secondo alcuni autori), le patologie cardiovascolari e il cancro.

Inquinamento atmosferico

Negli ultimi 20 anni circa, in quasi tutti i paesi industrializzati del mondo, si è registrato un costante aumento della mortalità per tumore broncopolmonare. In Italia, in particolare, si è registrato un incremento nel tasso di incidenza di questa malattia superiore al 50%. Considerando un periodo di latenza di circa 20 anni, ciò sembra correlato in maniera preponderante alla diffusione del fumo di sigaretta (il rischio per i fumatori è circa 20 volte superiore rispetto ai non fumatori), ma anche al crescente livello di industrializzazione e di inquinamento atmosferico, soprattutto nei grandi centri urbani. Proprio a causa del ruolo preminente del fumo di sigaretta è difficile valutare l'impatto dell'inquinamento atmosferico nella genesi dei tumori del polmone. Stime quantitative del contributo delle diverse fonti di inquinamento atmosferico al rischio di cancro effettuate negli USA, suggeriscono che circa 1/2 è imputabile alle emissioni autoveicolari, 1/4 alle emissioni industriali e delle centrali termoelettriche e 1/4 ad altre fonti. La popolazione reagisce in maniera eterogenea nei riguardi degli inquinanti dell'aria, secondo una distribuzione gaussiana: alcuni individui non manifestano alcun effetto indesiderato, altri subiscono gli effetti più gravi e, nel mezzo di questi due gruppi, si trovano individui che manifestano tutte le varie gradazioni dell'effetto in questione. Per un certo livello di esposizione, si osservano quindi delle sottopopolazioni a rischio maggiore, in quanto più sensibili per una serie di fattori diversi quali, ad esempio, le caratteristiche genetiche, l'età (i vecchi e i bambini sono più sensibili), lo stato di gravidanza, malattie preesistenti, lo stile di vita, il livello di attività fisica e lo stato nutrizionale.
Effetti sanitari più gravi di quelli attesi possono essere causati dall'esposizione combinata a vari inquinanti, che è poi la condizione usuale nell'esposizione ambientale.

Caratteristiche, origini e utilizzo del benzene

All'interno di questo quadro, si è deciso di focalizzare la nostra attenzione sul **benzene** in quanto è uno dei pochi, se non l'unico, idrocarburo classificato A1 (cancerogeno accertato per l'uomo) dallo IARC (International Agency for the Research on Cancer), è presente nell'ambiente come inquinante diffuso ed è una sostanza di ampio uso industriale.
Il benzene è il capostipite degli idrocarburi aromatici, ha formula bruta C_6H_6, si presenta come un liquido chiaro, dotato di un odore caratteristico che risulta piacevole a basse concentrazioni, sgradevole ad alte. E' scarsamente solubile in acqua (0.188% w/w a 23.5 °C corrispondente a circa 2 mL/L) mentre è solubile in altri solventi organici quali alcool, etere, acido acetico, tetracloruro di carbonio.
Si trova nella nafta del petrolio e nel catrame di carbone dai quali si prepara per usi commerciali. E' costituente della benzina verde per il suo elevato potere antidetonante, anche se la quantità percentuale nella formulazione è in costante calo (attualmente non può superare l'1%).
Le principali fonti del benzene nell'aria sono costituite dalle emissioni dei motori a combustione interna e dalle perdite che avvengono durante la preparazione, la distribuzione e lo stoccaggio della benzina; inoltre può provenire dalla combustione del legno e delle sostanze organiche in genere.
In campo industriale è utilizzato come solvente volatile e per la sintesi di altri composti chimici (gomme, lattici di gomma, vernici, plastica, pesticidi, cosmetici ecc.).
In passato, per le sue ottime proprietà di solvente per le gomme, era un componente abituale dei mastici e dei collanti usati nell'industria della gomma, delle calzature, nella fabbricazione di oggetti di pelle naturale ed artificiale e nell'impermeabilizzazione dei tessuti; era anche contenuto negli inchiostri e nei diluenti per la stampa. A causa della elevata tossicità, il suo uso in queste applicazioni è stato vietato con la L. 245 del 5/3/1963 se non in concentrazione minore del 2%.
Si riporta, a titolo di esempio, la composizione, riferita agli idrocarburi aromatici, di solventi utilizzati in alcune delle lavorazioni sopra indicate.

Impiego del benzene, disciplinato dalla legge n.245 del 5/3/1963

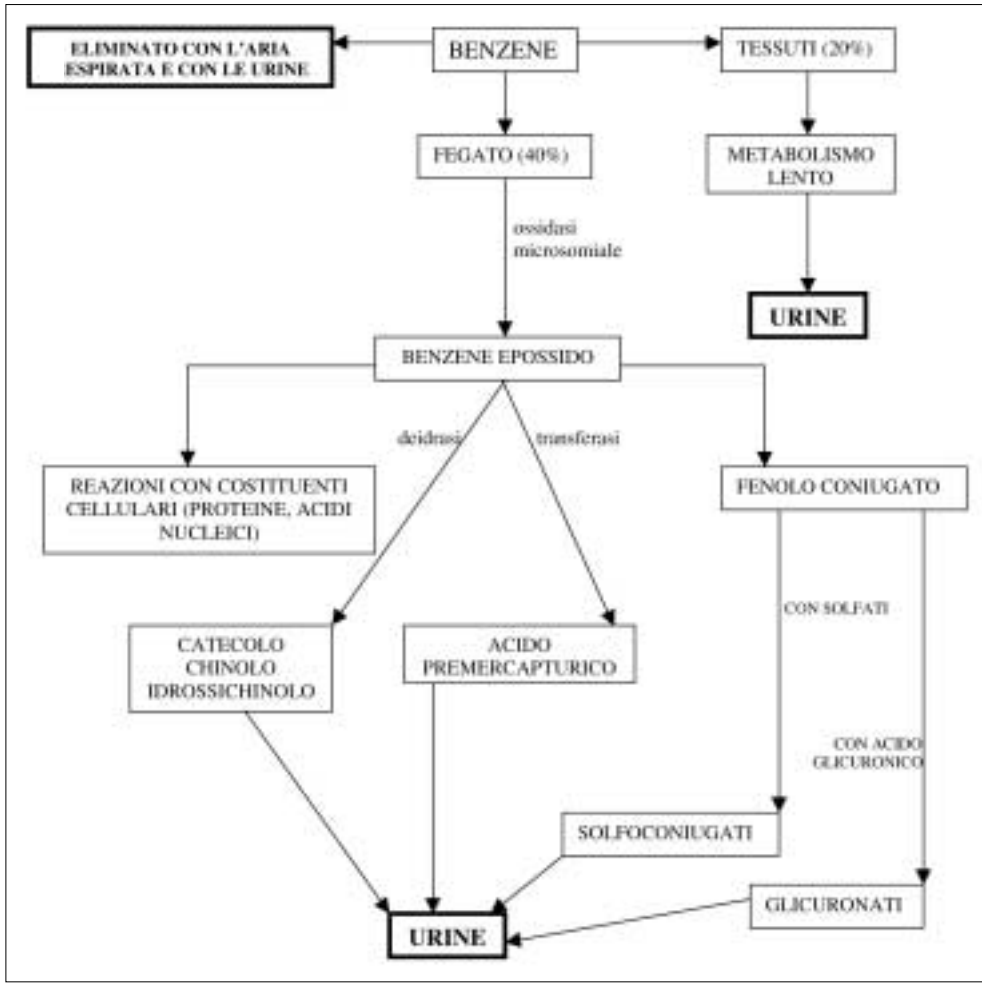
LAVORAZIONE	% MASSIMA TOLLERATA DI TOLUOLO E XILOLO COMPLESSIVAMENTE CONSIDERATI	% MASSIMA TOLLERATA DI BENZENE
Lavaggio a secco, sgrassaggio e pulitura, impermeabilizzazione dei tessuti, fabbricazione e riparazione calzature, uso inchiostri	5%	Benzene solo ammesso in tracce non eccedenti il 2%
Tutte le lavorazioni non elencate (con uso di colle, mastici e cementi)	30%	Benzene solo ammesso in tracce non eccedenti il 2%
Pittura, decorazioni, verniciatura, sverniciatura e decapaggio	45%	Benzene solo ammesso in tracce non eccedenti il 2%
Rotocalcografia	Non esistono limiti	Benzene ammesso in concentrazioni non eccedenti il 2%

Ricordiamo che il limite di concentrazione nelle atmosfere di lavoro (TLV – TWA), proposto dall'ACGIH, è di 1.6 $\mu g/m^3$, mentre in atmosfera urbana è di 10 mg/m^3.

Tossicologia

La via principale di assorbimento, vista l'alta volatilità, è rappresentata dall'inalazione. Circa il 50% viene assorbito una volta inalato. L'ingestione non è comunque difficile in quanto è presente sia nel cibo, nel quale passa tramite la catena alimentare, sia nell'acqua dove proviene direttamente dall'atmosfera.
Si distribuisce facilmente in tutti i tessuti grassi ed in modo particolare nel tessuto adiposo e nel midollo.
Circa il 40% del composto ingerito viene espulso tramite le esalazioni polmonari, o per via urinaria, il residuo viene invece metabolizzato dal fegato con formazione di numerosi metaboliti. Questi ultimi hanno la capacità di legarsi con il DNA, l'RNA e con le proteine plasmatiche.
Il benzene esplica quindi la propria azione tossica a livello del Sistema Nervoso Centrale, dell'emopoiesi e può indurre la leucemia.

Di seguito si riporta lo schema dei principali passaggi del metabolismo in questione.



Il benzene epossido ha vita media brevissima e si trasforma subito in fenolo che, coniugato con solfati e, in minor misura, con acido glicuronico è eliminato con le urine; in piccola parte invece viene trasformato in difenoli e trifenoli che sono escreti come tali con le urine.
La patogenesi è legata ai prodotti del metabolismo benzenico e quindi alla formazione dell'epossido di benzene. Infatti la somministrazione di fenolo, catecolo, chinolo, idrossichinolo non provoca alterazioni ematologiche mentre la somministrazione preventiva di piperonal-butossido, che ha la caratteristica di bloccare l'azione di enzimi microsomiali e quindi la trasformazione del benzene, evita l'instaurarsi dell'anemia aplastica. L'azione mielotossica esplicata dal benzene e dall'epossido sul midollo determina:

1) danno agli acidi nucleici
2) aberrazioni cromosomiche sia in quantità (inferiore o superiore a 46) che in qualità (acentrici)
3) deficienza immunitaria
4) effetti mutagenici
5) scarsa produzione di cellule ematiche
6) difetti di maturazione delle cellule ematiche
7) blocco di immissione delle cellule mature nel sangue periferico

Le manifestazioni cliniche sono legate alla intossicazione acuta ed a quella cronica; la prima è di tipo narcotico, di varia gravità a seconda della quantità assorbita, e riveste comunque più il carattere di infortunio. In essa si possono individuare quei segni dell'azione mielotossica esercitata dal benzene, consistente in una più o meno evidente citopenia a carico degli elementi figurati del sangue; l'entità della manifestazione è dovuta alla concentrazione presente nell'ambiente ed al tempo di esposizione. Le turbe che si registrano sono legate all'organo che ha avuto il primo impatto con il benzene:
- cute: eritema, bolle, dermatite secca
- apparato respiratorio: edema polmonare, emorragie
- apparato digerente: esofagite, gastro-duodenite

Si hanno, inoltre, segni e sintomi da interessamento sistemico: il quadro clinico è chiaramente di tipo neurologico: allo stato iniziale di eccitazione, di cefalea e di vertigini, segue quello di spossatezza, sonnolenza, nausea, difficoltà respiratoria, convulsioni e tremori.
Successivamente si ha tachicardia, perdita della coscienza, paralisi a varia localizzazione.
Nell'intossicazione cronica la suddetta citopenia caratterizza il quadro clinico.
La patologia ematica si manifesta attraverso due forme:
- ipoplasia o aplasia midollare
- leucemia o, più raramente, eritremia o eritro-leucemia

I sintomi aspecifici sono la cefalea, l'inappetenza, le vertigini, l'astenia, la nausea, la difficoltà respiratoria specie da sforzo, la tachipnea ed i segni emorragici.

Il rischio professionale: indagini e campionamenti

Poiché il benzene è riconosciuto come fattore di rischio per malattia professionale tabellata (M.P. 30), tenuto conto del fatto che numerosi studi ambientali confermano e quantificano la presenza di questo idrocarburo nell'atmosfera, soprattutto quella dei centri urbani, sarebbe certamente importante per l'I.N.A.I.L. poter distinguere tra gli effetti dovuti al benzene "professionale" e quelli attribuibili alla stessa sostanza al di fuori dell'ambiente di lavoro, cioè distinguere tra rischio professionale e rischio generico.

A tal fine è necessario disporre di dati derivanti da un lato da campionamenti ambientali in atmosfere urbane e in atmosfere di lavoro, dall'altro da misurazioni del livello personale di esposizione del singolo lavoratore.
Per quanto riguarda le atmosfere urbane si può far riferimento ai valori desumibili dall'abbondante letteratura prodotta a tal proposito dai vari enti e istituzioni locali (Comune, Provincia, Regione, ARPA, ecc.) eccetto per quei casi ritenuti di scarso peso a livello di interesse generale.
Per questi ultimi casi e per tutti gli altri campionamenti sopra citati si può ricorrere all'uso dei campionatori passivi.
Questi dispositivi sono sempre più ampiamente utilizzati in quanto rispetto ai campionatori attivi presentano una serie di vantaggi tra i quali la semplicità d'uso, la leggerezza, il basso costo e la possibilità di essere usati su ampia scala per effettuare campionamenti d'area e personali.
Si propone quindi la seguente strategia operativa.

1. Individuare gli insediamenti lavorativi da verificare
2. Verificare l'esistenza in letteratura di dati relativi all'inquinamento dell'area nella quale si trova l'insediamento lavorativo
3. Verificare l'esistenza in letteratura di dati relativi all'inquinamento dell'area urbana nella quale vivono i lavoratori
4. Nell'eventualità non fossero reperibili i dati di cui ai punti 2. e 3. è necessario procedere a campionamenti d'area
5. Predisporre opportuna campagna di campionamento all'interno dell'insediamento
6. Monitorare tutti i lavoratori facenti parte dell'insediamento durante l'intero orario di lavoro
7. Individuare in base ai risultati ottenuti dai campionamenti personali i lavoratori effettivamente esposti
8. Per questi ultimi programmare un campionamento di controllo in periodo non lavorativo per valutare il livello di esposizione ambientale degli stessi
9. Chiedere la collaborazione dei lavoratori esposti per una eventuale campagna di controllo mediante determinazione degli indici biologici basata sulla ricerca dei metaboliti nei liquidi fisiologici e del benzene stesso nell'espirato

Scendendo più nel dettaglio si propone come prima applicazione della strategia sopra menzionata un'indagine sugli addetti agli impianti di distribuzione di carburanti notoriamente esposti all'agente in questione.
La procedura operativa può essere schematizzata come segue:

a) Individuazione di tre gruppi composti da un numero significativo di lavoratori (per esempio 10) rappresentativi di: fumatori abituali, fumatori passivi, non fumatori
b) Programmazione per ciascun lavoratore di due campionamenti consecutivi di 24 h cadauno da effettuarsi in giornata lavorativa e giornata non lavorativa (la scelta della coppia dei giorni viene lasciata al lavoratore). Si chiederà al lavoratore di tenere con sé il campionatore passivo per l'intera durata del periodo e gli verranno fornite le opportune istruzioni
c) Effettuazione, contestualmente al campionamento nella giornata lavorativa, di campionamenti d'area nel luogo di lavoro
d) Le operazioni di cui ai punti b) e c) dovranno essere ripetute una volta alla settimana per almeno un mese

La scelta della durata del campionamento di 24 h deriva dall'idea che sottraendo la quantità rilevata nel giorno festivo da quella del giorno lavorativo si dovrebbe avere la quantità alla quale il lavoratore è stato esposto per motivi professionali.

Un riscontro della validità di questa ipotesi potrà essere ottenuto confrontando i valori di cui sopra con le quantità rilevate mediante i campionamenti d'area.
Le ripetizioni di cui al punto d) derivano dalla necessità di disporre di una base di dati più ampia tale da minimizzare le inevitabili fluttuazioni casuali.
Se poi tutte le operazioni saranno ripetute più volte nel corso dell'anno, si potrà avere una visualizzazione dell'andamento stagionale.
I campionatori passivi da noi proposti sono quelli denominati "Radiello"; sono costituiti da una piastra di supporto in policarbonato e da un corpo diffusivo cilindrico in polietilene microporoso bianco all'interno del quale alloggia una griglia circolare di acciaio a maglie fitte contenente 530 mg di carbone attivo (35/50 mesh) che adsorbe fortemente il benzene. Ci siamo orientati su questo tipo di campionatore in quanto è sempre più ampiamente utilizzato in questo tipo di indagine grazie all'affidabilità, sensibilità e riproducibilità, soprattutto alle basse concentrazioni, come evidenziato da uno studio effettuato e presentato al 18° Congresso Nazionale AIDII.
L'intervallo di linerarità caratteristico del "Radiello" per il campionamento del benzene, come riportato dalle specifiche tecniche, va da 0.5 a 500.000 mg/m^3 x min.
Per la determinazione quali e quantitativa si utilizza, previa estrazione con solfuro di carbonio, la tecnica gascromatografica.
Anche se apparentemente la campagna di indagine sopra descritta può sembrare particolarmente onerosa, in realtà bisogna tenere conto che gli assorbitori hanno un costo piuttosto limitato e la strumentazione analitica di base è indipendente dal tipo di campionatore utilizzato e dal numero di prelievi effettuati.
Nell'ipotesi di lavoro sopra descritta e sulla base di un'attuale offerta commerciale del fornitore si può, limitatamente al materiale necessario al campionamento, prevedere un costo di circa 6.000.000 di lire per circa 400 prelievi; questa stima ovviamente non comprende i costi relativi al personale e alle determinazioni analitiche successive.
Nel momento in cui saranno disponibili tutti i dati sopra indicati dovrebbe essere abbastanza agevole determinare l'esposizione professionale al benzene distinguendola da quella ambientale, conseguendo in questo modo l'obiettivo che ci si era prefissati.

Conclusioni

Si è individuato un criterio per poter determinare l'esposizione professionale a vapori di benzene in modo da poter definire nel modo più adeguato le denunce di malattia professionale riferite all'agente in questione.
Si evidenzia inoltre che i tempi di latenza delle patologie imputabili all'esposizione a benzene sono piuttosto lunghi e che la normativa relativa alla composizione dei carburanti sta evolvendo in senso sempre più restrittivo per la concentrazione di questa sostanza e tende progressivamente ad eliminarla.
Nel caso specifico degli addetti agli impianti di distribuzione carburanti si ritiene particolarmente opportuno procedere quanto prima ai rilievi descritti nel presente lavoro in quanto, nel momento in cui si manifesteranno tali patologie, potrebbe non essere più possibile effettuare questo tipo di controllo.
Se, come auspicato, questa campagna avrà luogo, i risultati saranno presentati in un successivo lavoro.

BIBLIOGRAFIA

Vigliani, Bonsignore : "Medicina del lavoro" Ed. ECIG.

Monografia IARC relativa al benzene.

Materiale informativo e tecnico "Radiello".

Carrieri e Altri: "Validazione sul campo del campionatore passivo Radiello per il monitoraggio dell'esposizione a percloroetilene e benzene" – AIDII Atti 18° Congresso Nazionale, p. 181.

Minoia e Altri: "Esposizione a fumo passivo: determinazione della quantità inalata e dell'escrezione urinaria di benzene in soggetti in età scolare" – AIDII Atti 14° Congresso Nazionale, p. 74.

Lavoro svolto da uno degli autori negli anni scolastici 1996/97 e 1997/98 con le classi V dell'Indirizzo Biologico – Sanitario dell'ITIS "G.Galilei" di Livorno.

RISCHIO CHIMICO E BIOLOGICO NELL'INDUSTRIA CONCIARIA LOMBARDA

G. Arpaia, P. Santucciu**
* INAIL - Direzione Regionale Lombardia - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

L'industria conciaria italiana riunisce circa 2400 ditte, essenzialmente PMI, che nel complesso occupano circa 25000 addetti, con una produzione principalmente costituita da prodotti di pregio che rappresenta il 65% della produzione della Comunità Europea ed il 15% di quella mondiale.
In Italia esistono quattro poli conciari principali, in Veneto, Lombardia, Toscana e Campania, specializzati per tipologia di lavorazione e per destinazione merceologica.
Le caratteristiche del ciclo produttivo conciario, che parte da materiale organico putrescibile e, mediante una serie di trattamenti chimici e meccanici, lo trasforma in un prodotto inalterabile utilizzato in settori diversi (abbigliamento, calzature, arredamento, pelletteria), ne fanno un'area di attività con potenziale rischio di esposizione sia ad agenti biologici che a sostanze chimiche.
Negli ultimi 15-20 anni l'attività conciaria, storicamente insediata nel distretto Parabiago-Turbigo, si è riorganizzata a seguito di una diversa disponibilità della materia prima (si è passati dall'utilizzo di pelli grezze a parzialmente trattate) e dei requisiti di igiene e sicurezza per i lavoratori. Questi fattori hanno comportato una riduzione delle attività di concia da pelli grezze ed una maggior attenzione nell'uso dei composti cancerogeni.
Lo scopo del presente lavoro è quello di tracciare un quadro della situazione di rischio occupazionale nell'industria conciaria dal punto di vista sia chimico che biologico alla luce delle innovazioni tecnologiche introdotte.
Dal punto di vista chimico, si analizzano i principali agenti chimici e gli effetti derivanti dall'esposizione ai nuovi agenti concianti ed ai trattamenti di rifinitura.
Dal punto di vista del rischio biologico queste attività produttive, per la natura della materia prima utilizzata, si rivelano potenziali fonti di esposizione a microorganismi, loro frammenti o prodotti metabolici possibili cause di infezione e di effetti allergici, tossici o addirittura cancerogeni.
Inoltre, altro ambito d'esposizione al rischio biologico nel settore è rappresentato dalla diffusione di processi tecnologici a base biologica che comportano l'uso di enzimi di origine batterica in vari stadi del ciclo produttivo.

1. Introduzione

L'industria della concia e rifinizione della pelle è una realtà in evoluzione. Negli ultimi anni l'innovazione nel ciclo conciario è stata indirizzata da fattori diversi: la necessità di trovare nuovi settori d'impiego, l'introduzione di nuove materie prime e di cicli ecologicamente sostenibili. Ne consegue che, l'esposizione dei lavoratori può essere influenzata sia in termini di concentrazione di sostanze, sia di qualità delle sostanze in uso. Nell'analisi e valutazione del rischio dobbiamo quindi tenere conto delle nuove tendenze e sviluppi del settore. Questo studio si propone di analizzare i rischi chimici e biologici con particolare attenzione alla realtà lombarda, anche alla luce delle novità introdotte e delle nuove misure di sicurezza.

Il termine **ciclo conciario** descrive quell'insieme di operazioni che consentono l'ottenimento di un materiale non deperibile destinato all'industria manifatturiera (calzature, abbigliamento, arredamento e pelletteria) a partire da una materia prima deperibile quale la pelle grezza.
La pelle è costituita da uno strato superficiale (Epidermide) ed uno profondo (Derma); entrambi presentano una struttura caratteristica e possono deteriorarsi per azioni di agenti quali vento, aria, umidità, calore o presenza di microrganismi. L'ottenimento del prodotto finale si realizza sia attraverso una serie di trasformazioni chimiche sia mediante trattamenti meccanici che modificano lo strato del derma.

1.1 Ciclo conciario – descrizione delle fasi di lavorazione

L'intero processo produttivo è assai complesso per cui è in uso corrente la sua suddivisione in gruppi di operazioni principali: riviera, concia e rifinizione. La tecnica conciaria è molto antica, pertanto utilizza una tecnologia relativamente semplice. I trattamenti sono generalmente condotti in bottali (botti in legno di varie dimensioni che ruotano a basse velocità lungo un asse orizzontale) a temperature vicine a quell'ambiente, con procedura batch e con tempi di permanenza lunghi (da 8-12 ore fino a 24 ore circa).
Nella tabella 1 sono riassunte le varie fasi di lavorazione del ciclo conciario con le relative finalità. Il segmento produttivo in cui si sono verificate le maggiori evoluzioni nella scelta dei prodotti e nelle soluzioni tecnologiche è quello della rifinizione.

Tabella 1:

Ciclo conciario

OPERAZIONE	FINALITÀ
RICEVIMENTO	Ricevimento e stoccaggio pelli in magazzino
CERNITA E RIFILATURA	Movimentazione, selezione e preparazione delle pelli, taglio refili
	RIVIERA
RINVERDIMENTO Lavaggio abbondante con acqua a 25°C	Eliminazione sale Ritorno allo stato di umidità e rigonfiamento naturale
CALCINAIO	Distruzione chimica dell'epidermide Apertura delle fibre di collagene Parziale saponificazione dei grassi
SCARNATURA	Asportazione meccanica dello strato sottocutaneo del derma
RIFILATURA	Taglio delle parti superflue
SPACCATURA	Sezionatura longitudinale delle pelli *- Fiore: pregiato, strato papillare sotto l'epidermide* *- Crosta: strato reticolare*
DECALCINAZIONE & MACERAZIONE T=38 –40°C	Eliminazione del depilante alcalino Riduzione del rigonfiamento Rilassamento della struttura del collagene e dell'elastina
SGRASSAGGIO	Eliminare l'eccesso di grassi

segue Tabella 1:

OPERAZIONE	FINALITÀ
	CONCIA
PICKEL Acidificazione pelle (pH: 2.5 - 3)	Favorire la penetrazione nel derma dell'agente conciante
CONCIA Nello stesso bagno di pickel Dopo 3-4 ore innalzamento pH a circa 4	Reticolazione del collagene del derma
PRESSATURA & RASATURA	Eliminare l'eccesso di acqua e portare la pelle allo spessore voluto
SMERIGLIATURA	Rendere uniforme la lunghezza delle fibre superficiali
NEUTRALIZZAZIONE T= 20-30°C	Innalzare il pH per consentire la tintura
RICONCIA	Migliorare il prodotto finito
TINTURA T= 60-70°C	Tintura e preparazione pelli per la rifinitura
ASCIUGAGGIO a) Pasting b) Sottovuoto c) Inchiodatura d) Piastre e) Tunnel f) Radiofrequenze	Asciugare le pelli *Le tecniche in uso dipendono dalla pelle iniziale e dal prodotto desiderato* *a) Forno* *b) Pressaggio fra due piani riscaldati a 85°C* *c) Metodo di fissaggio per cottura in forno* *d) Pelli umide stese su piastre riscaldate con acqua* *e) Appese ad un catena mobile di asciugaggio* *f) Radiofrequenze*
PALISSONATURA	Rendere morbida la pelle
FOLLAGGIO	Ammorbidire la pelle
	RIFINIZIONE
RIFINIZIONE	Insieme delle operazioni eseguite prima dell'invio all'utilizzatore finale Produzione di un film delle caratteristiche volute Tecniche di applicazione: - A spruzzo: è il più usato. Pelli spruzzate sotto una giostra e successivo essiccamento - A tampone, come sopra ma vernice data con un tampone - A velo

1.2 Ciclo conciario in Lombardia

L'attività in Lombardia è volta in modo prevalente alla lavorazione delle pelli ovo/caprine e vitelline, per l'ottenimento di prodotti destinati all'attività calzaturiera ed alla produzione di borsette.
L'attività di concia a partire dalle pelli grezze è andata mano a mano riducendosi per diverse ragioni, di tipo ambientale o di carattere economico. Infatti i paesi produttori (Cina, Argentina, Africa) eseguono già le prime lavorazioni di concia e quindi l'attività svolta nelle aziende italiane è preminentemente a partire da pelli semilavorate: wet-blue (conciate umide) o crust (riconciate secche) e le lavorazioni partono dall'operazione di riconcia. Questo ha comportato una riduzione del numero di addetti alle fasi di riviera e di concia ed un maggiore sviluppo delle fasi di tintura e rifinizione. Sono inoltre diminuite le aziende che svolgono il ciclo produttivo completo, mentre sono in accrescimento i settori che svolgono solo alcune delle lavorazioni (riconcia, smerigliatura, tintura, ingrasso e rifinizione) o che svolgono la lavorazione finale delle pelli (rifinizione e simili).
Uno studio effettuato dal Dipartimento di Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro di Castano Primo (1) ha evidenziato, nel territorio, una riduzione del numero di aziende che svolgono il ciclo integrato (almeno una fase ad umido) da 100 a 41 nel periodo 1987-1998. Nello stesso periodo, le aziende che effettuano la rifinizione chimica o la rifinizione meccanica (rasatura, smerigliatura, asciugaggio/tiraggio) sono risultate essenzialmente invariate per numero (rispettivamente da 15 a 14 e da 55 a 50), ma con un aumento nel numero degli addetti (da 3,7 a 4,6 addetti per il settore rifinizione chimica).
L'analisi dell'andamento infortunistico del settore (voce di tariffa INAIL 2310: conservazione, concia, preparazione, trattamento e rifinitura di pelli e cuoi...) per gli anni '96/'98 è riportato nella tabella 2.

Tabella 2:

Infortuni e Malattie Professionali, settore conciario in Lombardia, anni 1996-98

AZIENDE ARTIGIANE

ANNO	AZIENDE	ADDETTI	INFORTUNI				Malattie professionali
			Inabilità temporanea	Inabilità permanente	Morte	TOTALE	
1996	128	445	12	2	0	14	0
1997	121	421	15	0	0	15	0
1998	125	404	11	0	0	11	0

AZIENDE NON ARTIGIANE

ANNO	AZIENDE	ADDETTI	INFORTUNI				Malattie professionali
			Inabilità temporanea	Inabilità permanente	Morte	TOTALE	
1996	76	2205	115	2	0	117	0
1997	74	2135	111	2	0	113	0
1998	70	2094	108	2	0	110	3*

* Tipo di malattia: n. 5, n. 42, n. 99

Le malattie professionali riconosciute dall'INAIL sono relative alle voci 5 (malattie causate da cromo...) e 42 (Malattie cutanee causate dalle seguenti sostanze e materiali:

a) catrame, bitume, pece, fuliggine, antracene, Ioro miscele e formulati;
b) paraffine grezze, oli minerali, fluidi lubrorefrigeranti, cere, Ioro miscele e formulati
c) resine naturali, artificiali e sintetiche, oligomeri, elastomeri, gomma arabica, caprolattame;
d) oli di lino, trementina, suoi distillati e residui, lacche, vernici, smalti e pitture;
e) cemento e calce;
f) alcali caustici, cloruro di sodio, persolfato di ammonio e acido tannico;
g) detersivi;
h) conchiglie, coralli e madreperla;
i) antibiotici, disinfettanti e sulfamidici;
l) legni ed altre sostanze vegetali) della tabella delle malattie professionali (D.P.R. 14.4.1994, n. 336) o sono malattie non tabellate. Per lo stesso settore in altre regioni, negli stessi anni, sono state riconosciute anche malattie appartenenti alle voci 58 (malattie neoplastiche causate da polvere di cuoio: carcinoma delle cavità nasali e paranasali), o 39 (malattie causate da aldeidi e loro derivati, acidi organici, tioacidi ed anidridi e loro derivati...).

Si deve ricordare che, comunque, questa voce di tariffa riunisce anche aziende che effettuano lavorazioni diverse dalla concia.
Data la rilevanza del settore per il comprensorio del Magentino e per le ricadute sulla salubrità, non solo dei lavoratori ma della zona stessa, sono stati condotti studi negli anni 1980-1997 su: esposizione a Cromo, esposizione a formaldeide, esposizione ad arsenico.

2. Analisi del rischio biologico

Con i Decreti Legislativi 626/94 e 242/96 (1994; 1996) è stato sancito l'obbligo di valutare e di provvedere alla prevenzione dei rischi derivanti dall'esposizione ad agenti biologici, definiti come "qualsiasi microrganismo anche se geneticamente modificato, coltura cellulare ed endoparassita umano che potrebbe provocare infezioni, allergie o intossicazioni".
Tra i rischi di natura biologica sono riconosciuti oltre al semplice rischio infettivo, anche i rischi allergici (per esposizione a muffe, pollini, spore fungine o frammenti del loro micelio, cellule batteriche, virus, protozoi, escrementi o frammenti di insetti, scaglie di pelle o peli di mammiferi, residui o prodotti di organismi, enzimi), tossici (endotossine o micotossine) e cancerogeni (esposizione a polvere di legno o di cuoio).
Nell'industria conciaria, in cui la materia prima è di diretta derivazione animale, il rischio biologico è certamente non trascurabile.

2.1 Analisi del rischio biologico nelle varie fasi di lavorazione e identificazione dei fattori di rischio.

Le fasi del ciclo lavorativo alle quali rivolgere maggiormente l'attenzione sono la fase preliminare di preparazione alla concia e la concia stessa, in particolare quando si pratica la concia al vegetale.
Queste, infatti, rappresentano delle fasi con potenziale rischio di trasmissione di agenti biologici presenti nelle pelli in trattamento ed in cui, inoltre, c'è la possibilità di sviluppo di un'a-

		Virus		2 o 3	Rabbia, papillomi, etc.
		Parassiti		2 o 3	Toxoplasmosi, Idatidosi, etc.
		Allergeni		n.d.	Sindromi irritativo-allergiche, Allergie da contatto
RICEVIMENTO E CERNITA	Tessuti animali contaminati/	Batteri:	Endotossine	n.d.	Asma, alveoliti allergiche, bissinosi
RIFILATURA	Trasmissione di agenti patogeni	*Bacillus antracis*		3	Carbonchio
	Azione di tossine	*Francisella Tularensis*		2 o 3	Tularemia
		Clostridium tetani		2	Tetano
		Brucella melitensis, Abortus,Suis	3	Brucellosi	
		Erysipelothrix rhusopathie		2	Erisipeloide
		Mycobacterium tubercolosis bovis		3	Tubercolosi
		Spirochete:			
		Leptospira interrogans		2	Leptospirosi
		Rickettsie:			
		Coxiella burnetii		3	Febbre Q
		Funghi:	Micotossine	n.d.	
		Trichophyton mentagrophytes	2		Dermatomicosi
		Trichophyton verrucosum		2	Dermatomicosi
CONSERVAZIONE RICEVIMENTO E CERNITA RIFILATURA RINVERDIMENTO	Tessuti animali contaminati/ Allergeni respiratori di origine animale		Peli Forfora	n.d. n.d.	Sindromi irritativo-allergiche Sindromi irritativo-allergiche
RINVERDIMENTO	Pelli grezze	*Aspergillus*		2	Allergia/infezioni/tossicità da tossine
RIVIERA	Wet Blue	*Mucor*		n.d.	
CONCIA	Pelli in trippa picklate acide	*Paecilomyces*		n.d.	Allergia/infezioni/tossicità da tossine
	Pelli al vegetale bagnate/	*Pennicilium*		2	Infezioni/allergie
	Attacco di microrganismi	*Rhizopus*		n.d.	
	Attacco di muffe	*Trichoderma*		n.d.	Tossicità da tossine
DEPILAZIONE/CALCINAIO	Enzimi		Proteasi ricombinanti, estratti pancreatici	n.d.	
MACERAZIONE			Proteasi ricombinanti, estratti pancreatici	n.d.	Sindromi irritativo-allergiche
SGRASSAGGIO			Lipasi	n.d.	
PICKEL			Proteasi batteriche, tripsina	n.d.	
CONCIA	Tannini		Tannini vegetali	n.d.	Sindromi irritativo-allergiche, dermatiti, Cancro?
RASATURA	Polveri di cuoio aerodisperse		Polveri di cuoio	10 mg/m^3	Cancro
SMERIGLIATURA	Polveri di legno aerodisperse		Polveri di legno	5 mg/m^3	Cancro
PALISSONATURA FOLLAGGIO	Residui solidi	Salmonella spp.		2 o 3	Enterocoliti

prodotte o utilizzate nelle lavorazioni.

zioni sono sinteticamente analizzati i rischi, riassunti in tabella 3.

almente di tipo infiammatorio o irritativo esercitata da sostanze di natura

2.1.1 Preparazione alla concia

Questa fase comprende le operazioni di preparazione e selezione delle pelli che dovranno essere avviate al processo di concia.

- **Fase di conservazione**

La materia prima deve subire un trattamento di conservazione che impedisca l'attacco batterico del collagene e l'evolversi dei processi putrefattivi successivi all'abbattimento dell'animale e che ne consenta la conservazione per il tempo necessario al trasporto e allo smistamento dai luoghi di produzione a quelli di lavorazione.
Poiché la maggior parte delle materie prime lavorate in Italia è di importazione, questi processi avvengono a monte dell'arrivo delle pelli nel nostro paese, ad esclusione di quella piccola percentuale di prodotto interno corrispondenti a circa il 20% delle pelli lavorate in totale.
Si distinguono tecniche di conservazione a lungo termine (salatura ed essiccazione) o a breve termine (raffreddamento a 2-4°C).
Il trattamento di pelli animali fresche è accompagnato alla possibilità, non remota, di trasmissione di microrganismi patogeni provenienti da animali contaminati. Il tipo di microrganismi in gioco è molto vario, comprendendo dai virus (Orf virus, Papillomavirus, Paramyxovirus, etc.) alle rickettsie, spirochete, batteri (Salmonella spp, Listeria monocytogenes, Staphilococcus aureus, Streptococcus spp., etc., oltre a quelli elencati di seguito), funghi (Trichophyton verrucosum, Microsporum spp, etc.), parassiti.
Oltre a ciò, poiché i metodi di conservazione non impediscono totalmente la proliferazione batterica (ad esempio dei batteri alofili) o fungina, si integra il processo con l'aggiunta di biocidi e fungicidi o antimuffe, composti chimici che possono essere tossici, nocivi o addirittura cancerogeni o potenzialmente tali (ditiocarbammati, ammonio cloruro, prodotti fenolici clorurati – pentacloro fenoli, arsenato di sodio).

- **Fase di ricevimento, immagazzinamento e cernita**

Le pelli in arrivo vengono stoccate in appositi magazzini o zone preposte e successivamente sottoposte a perizia di conformità (verifica peso, controllo generale, controllo pezzatura) per verificarne lo stato di conservazione, la conformità all'ordine e quindi stabilire la conseguente destinazione o lavorazione da effettuare.
Tali operazioni comportano la manipolazione di pelli in vari stadi di conservazione e differentemente trattate (salate fresche, salate secche, essiccate etc.) con conseguente possibilità di esposizione a numerosi agenti di rischio:

- Conservanti chimici, batteriostatici o fungicidi presenti nelle pelli (vedi sopra).

- Polveri animali. I magazzini sono spesso zone confinate poco aerate, in cui la manipolazione delle pelli può provocare produzione di polveri di origine animale (peli o forfora) con dimostrate caratteristiche sensibilizzanti e che costituiscono un fattore di rischio per l'asma occupazionale.

- Agenti patogeni derivanti da tessuti animali contaminati o da contaminazioni accessorie del prodotto.

Tra gli agenti infettivi potenzialmente pericolosi per i conciatori si annoverano:

- *Bacillus antracis*, agente etiologico del Carbonchio, gruppo 3.
Questa malattia colpisce quasi esclusivamente soggetti che hanno contatti con animali o prodotti animali infetti. Ha soprattutto un'importanza storica ma non ha perso del tutto importanza per la permanenza di serbatoi sparsi nel mondo. L'infezione è diffusa tra i bovini, ovini ed equini. Il *Bacillus antracis* è uno sporigeno e le spore, caratteristicamente molto resistenti agli agenti atmosferici (luce, calore aria), penetrano nell'uomo attraverso piccole lesioni della cute, germinano e producono una tossina ad attività necrotica. Più raramente il contagio avviene per via inalatoria o intestinale, dopo ingestione. In Italia, proprio in Lombardia, un lavoro degli anni '80 riporta il ritrovamento di spore di B. antracis nelle pelli grezze (2). In tutti gli anni '90 si ritrovano in letteratura casi sporadici o addirittura epidemie di carbonchio che mantengono vivo l'interesse per la malattia (3,4,5,6).

- *Francisella tularensis,* gruppo 2/3.
Microrganismo che colpisce abitualmente roditori e carnivori ed è l'agente etiologico della Tularemia. Il contagio avviene principalmente per via cutanea, attraverso piccole lesioni di continuo della pelle (ad esempio maneggiando materiale infetto). In passato alcuni casi di Tularemia sono stati segnalati in Toscana (7). Pur essendo una malattia rara, nell'ultimo decennio si sono registrati, ad esempio, un'epidemia di tularemia nella Repubblica Ceca nel 1994-95 (8), casi in Turchia (9) ed in Canada (10).

- *Clostridium tetani,* gruppo 2.
E' il microrganismo anaerobio, sporigeno, (le spore possono persistere nell'ambiente per mesi ed anni) causante il tetano, una tossinfezione dovuta all'azione dell'esotossina tetanica. Il tetano non è una classica zoonosi, ma è una malattia diffusa in tutto il mondo e soprattutto nelle zone in cui si alleva bestiame. Le lesioni di continuo della cute costituiscono il fattore necessario all'impiantarsi dell'infezione.

- Batteri del genere Brucella (*Brucella melitensis, Br. Abortus, etc.*), gruppo 3.
Agenti etiologici della brucellosi, sono asporigeni ma caratterizzati da lunga sopravvivenza nell'ambiente esterno in quanto si sviluppano lentamente su terreni e substrati in anaerobiosi, sono implicati soprattutto nella lavorazione di pelli fresche. Possono parassitare, secondo le specie, ovini, caprini, bovini e suini. Il contagio avviene spesso per via cutanea, ma può avvenire anche per via aerogena, congiuntivale o orale. La brucellosi è una classica zoonosi a distribuzione mondiale (per una review: ref. 11).

- *Leptospira,* gruppo 2.
Genere di microrganismi che provoca una diffusa antropozoonosi: la leptospirosi. *Leptospira interrogans* è l'agente etiologico riconosciuto di patologie umane e di molte specie animali che fungono da serbatoi, tra cui suini, bovini, ovini, equini, rettili, roditori. L'uomo si infetta normalmente per via transcutanea, per via congiuntivale o per via digestiva. In Italia negli anni 1994 –1996 si è riscontrato che il rischio di contrarre la leptospirosi, connesso all'attività lavorativa, era diminuito rispetto agli otto anni precedenti, pur rimanendo presente nel nostro paese come nel mondo (12).

- *Erysipelothrix rhusiopathie,* gruppo 2.
Bacillo asporigeno che infetta essenzialmente i suini, anche se sono stati descritti casi in cui l'infezione riguardava gli ovini, ed ha una lunga persistenza nell'ambiente, specialmente se umido. L'infezione può essere trasmessa all'uomo per via cutanea durante la manipolazione di

materiali infetti. Questo agente di rischio è da prendere in considerazione essenzialmente per le concerie che trattano pelli suine, non presenti però in Lombardia.
Si riportano ancora casi di eresipeloide un po' in tutto il mondo, anche recenti: Australia (13), Giappone (14), Russia (15, 16), Stati Uniti (17).

- *Mycobacterium tubercolosis bovis,* gruppo 3.
Bacillo che causa la tubercolosi bovina e che un tempo aveva anche importanza per la patologia umana tra la popolazione generale in Italia, mentre adesso rimane potenzialmente pericolosa soprattutto per determinate categorie professionali e permane piuttosto diffusa soltanto nei paesi sottosviluppati. E' implicato essenzialmente nella lavorazione di pelli fresche. Caratteristica peculiare del germe è di essere resistente agli acidi, agli alcool e all'ambiente esterno per il suo elevato contenuto di lipidi complessi. La malattia non è altamente contagiosa e richiede lunghi periodi di contatto con la fonte di infezione pertanto, rispetto ad altre zoonosi è meno pericolosa, anche se grave. Il contagio può avvenire anche per contatto con materiale infetto. Esiste un vaccino proprio derivato da un ceppo di *M. bovis*.

- *Coxiella burnetii,* gruppo 3.
E' una rickettsia che causa la febbre Q, una zoonosi ancora diffusa a livello mondiale e, pertanto, rappresenta un agente di rischio attualmente più pericoloso di altri che possono quasi essere considerati di importanza "storica". Questo microrganismo contamina per lungo tempo l'ambiente esterno per la sua notevole resistenza agli agenti chimici e fisici ed all'essiccamento, ed infetta l'uomo attraverso lesioni della cute nel contatto con materiale infetto, per via inalatoria o digestiva.
Esiste un vaccino da usare come norma profilattica.
Si registra un'epidemia di febbre Q in Polonia nel 1992-94 (18), recentemente in Australia, grosso esportatore di materia prima (19), più di mille casi si riportano tra il 1985 ed il 1998 in Francia (20) e molti a Taiwan (21).

- *Trichophyton mentagrophytes, Trichophyton verrucosum,* gruppo 2.
Funghi che appartengono al gruppo dei dermatofiti e causano micosi superficiali alla pelle, unghie e cuoio capelluto. Si riporta una prevalenza del 3-10% della malattia nella popolazione europea (22). Anche se le evidenze sono contraddittorie, sembrerebbe che componenti fungine siano da considerarsi aero-allergeni e che abbiano quindi anche un ruolo sensibilizzante nello sviluppo di asma (23, 24, 25).

• Fase di rifilatura

In questa fase vengono tagliate le parti non utili o difettate. Anche in questo caso, i rischi sono associati alla manipolazione di pelli grezze e quindi si possono ricondurre ai rischi elencati per la fase precedente. Il pericolo maggiore, in entrambi i casi, deriva dal fatto che generalmente il lavoratore non conosce quale sia stato il metodo di trattamento delle pelli e quindi il tipo e la pericolosità dei composti chimici eventualmente presenti. L'eventuale contaminazione delle pelli da parte di microrganismi patogeni è un fattore ancor meno controllabile, anche perché, a differenza di batteri ad azione semplicemente degradativa che distruggono visibilmente le pelli, i patogeni non si moltiplicano in modo da rendere evidente uno stato di contaminazione. La principale causa di esposizione a sostanze chimiche o biologiche, oltre che di trasmissione di microrganismi patogeni, è il contatto diretto con pelli grezze e quindi l'assorbimento per via respiratoria di polveri animali e composti chimici durante le operazioni di immagazzinamento, selezione e rifilatura, o l'assorbimento cutaneo, particolarmente pericoloso nelle fasi con mani-

polazione prolungata delle materie prime secche o umide, anche dovuto all'eventuale mancato utilizzo di DPI e delle opportune precauzioni.

2.1.2 Lavoro di riviera

- **Fase di rinverdimento**

Il rinverdimento consiste nel lavaggio delle pelli grezze con lo scopo di asportare le impurità (sangue, sterco) ed il cloruro di sodio, se presente, e di reidratare le pelli per riportarle all'originale grado di umidità.
Due sono i rischi di natura biologica associabili a questa fase:
- L'uso di enzimi. Molto spesso per accelerare i tempi di lavorazione si utilizzano enzimi con blanda azione proteolitica e lipolitica che possono derivare da estratti di animali (fegato, pancreas) o essere di origine ricombinante (da batteri, lieviti, funghi). Per entrambi è nota un'azione sensibilizzante ed irritante per la pelle e le mucose.
- La possibilità di proliferazione batterica. Nel rinverdimento i microrganismi, soprattutto batteri, possono riprodursi molto rapidamente, in special modo se si utilizza acqua calda. Le specie che aggrediscono le pelli possono essere appartenenti a generi diversi: Bacillus, Escherichia, Micrococcus, Proteus e Pseudomonas. Anche qui è quindi comune l'impiego di prodotti antibatterici.
Le fasi di seguito elencate sono caratterizzate ancora dai due tipi di rischio evidenziati per il rinverdimento: l'uso di enzimi e la possibilità di proliferazione batterica associata all'uso di battericidi/fungicidi.

- **Fase di depilazione e calcinaio**

In questa fase si procede alla distruzione chimica o enzimatica dell'epidermide e del pelo, con l'apertura delle fibre di collagene e parziale saponificazione dei grassi.
Si possono utilizzare enzimi ad azione cheratolitica (proteasi alcaline) che attaccano la radice del pelo e ne consentono il distacco senza distruzione, lasciando intatta la struttura di collagene del derma.

- **Fase di macerazione**

Si procede alla digestione dei complessi proteici residui (cheratina, elastina) ed al rilassamento della struttura del collagene mediante idrolisi parziale. Vengono utilizzati estratti pancreatici o proteasi ricombinanti.

- **Fase di sgrassaggio**

L'operazione viene eseguita solo quando si trattano pelli particolarmente grasse come quelle suine o alcune ovine. Lo scopo è quello di ridurre il contenuto di grasso endogeno ed uniformarne la distribuzione. Vengono utilizzate lipasi che idrolizzano i trigliceridi in prodotti solubili in acqua, quali mono-digliceridi, acidi grassi e glicerolo.

- **Fase di piclaggio**

Si preparano le pelli per la concia vera e propria. Per ottenere delle pelli particolarmente morbide (es. per guanti) si possono usare proteasi batteriche e tripsina.

2.1.3 Concia

- **Concia al vegetale**

La concia comprende quella serie di operazioni che consentono di ottenere un materiale imputrescibile attraverso la reticolazione delle fibre collagene del derma.
Il tipo di concia che c'interessa dal punto di vista biologico è la concia al vegetale, in quanto può utilizzare quali agenti concianti acidi vegetali di natura organica complessa estratti da vegetali: i tannini. Esistono anche i cosiddetti tannini sintetici che però, pur avendo capacità concianti, sono sostanze chimiche di sintesi a composizione variabile e, in ogni caso, differente da quella dei tannini naturali.
Tra i vegetali ricchi in tannini si annoverano le querce, acacie, mimosa, castagno, le noci di galla. I vari tannini naturali presentano differenze di struttura anche notevoli e si possono distinguere in due classi: tannini condensati e tannini idrolizzabili. I tannini concianti appartengono alla seconda classe, sono prodotti glucosidici contenenti gruppi fenolici che possono liberare per idrolisi composti quali l'acido gallico, acido ellagico e glucosio.
Pur essendo considerati meno pericolosi del cromo, altro elemento utilizzato per la concia, possono avere un'azione sensibilizzante. Sono stati identificati come componenti degli estratti di allergeni ambientali capaci di ingaggiare il primo componente del classico pathway di attivazione del complemento C1, con un processo anticorpo-indipendente (26).
Inoltre, si riportano studi contraddittori sul possibile effetto cancerogeno dei tannini. Già nel 1979 l'OSHA (Occupational Safety and Health Administration) includeva l'acido tannico nella lista dei carcinogeni riconosciuti. Ci sono evidenze di cancerogenicità in ratti e topi (27), mentre altri autori riportano di un'azione mutagena e antimutagena dell'acido tannico e dei suoi derivati (28).
D'altro canto, vari studi hanno rilevato che l'acido tannico ha un effetto anti-carcinogenico. Kuo e collaboratori (29) riportano che tale effetto sulla carcinogenesi in topi, è dovuto ad un'azione di blocco della fosforilazione da parte della PKC (Proteina Cinasi C) legata alla membrana che si ripercuote anche sulla sintesi di DNA PKC-mediata.
Questa dicotomia potrebbe essere attribuibile all'azione anti-ossidante e pro-ossidante dell'acido tannico che si esplica attraverso la generazione di specie reattive di ossigeno o la generazione di perossidi (30).
Essendo quindi, gli studi su questa classe di composti, peraltro piuttosto varia, ancora vaghi ed essenzialmente sperimentali, e tenendo conto del fatto che non vi sono adeguate evidenze a favore o contrarie alla classificazione come cancerogeni per l'uomo, né studi epidemiologici che confermino tale possibilità, una certa attenzione dovrebbe essere osservata, essenzialmente nelle misure preventive, utilizzando mezzi di protezione individuale ed atteggiamenti adeguati.

2.1.4 Lavorazioni meccaniche

Altri agenti biologici di rischio sono le polveri di cuoio ed i residui solidi che si producono durante le fasi di lavorazioni meccaniche.
Le *polveri di cuoio* vengono prodotte in varie fasi del ciclo conciario, e presentano caratteristiche diverse sia dal punto di vista granulometrico, che di composizione.
Le operazioni che producono la maggior quantità di polvere sono la rasatura, la smerigliatura, la palissonatura ed il follaggio.
Nel caso della rasatura si tratta di polveri piuttosto grossolane perché provenienti da pelli bagnate. La situazione potrebbe diventare più rischiosa durante la smerigliatura, o la palissonatura in cui si trattano pelli più secche e quindi in grado di generare polverosità più fine o,

soprattutto, il follaggio, operazione che prevede l'uso di segatura per cui al rischio di inalazione di polveri di cuoio si unisce quello delle polveri di legno (TLV/TWA= 5 mg/m^3 o 1 mg/m^3 per le polveri di legni duri).
I *residui solidi* prodotti nella fase di riviera in seguito ai vari trattamenti meccanici, il cosiddetto carniccio, potrebbe rappresentare, infine, una possibile fonte di inquinamento per la possibilità di contaminazione batterica, essenzialmente da Salmonelle. Essendo però rifiuti quasi completamente di natura organica ad elevato contenuto proteico, il carniccio è comunemente trattato e recuperato velocemente, soprattutto quando si tratta di residui non conciati e quindi privi di cromo. Questi materiali vengono recuperati per la produzione di colle animali o gelatine, per usi alimentari, fotografici o farmaceutici. Quando si tratta di residui già conciati, si possono fabbricare surrogati del cuoio, produrre concimi organici, tensioattivi, etc.

2.2 Valutazione dose/risposta. Valutazione dell'esposizione e caratterizzazione del rischio biologico.

Nell'ambito dei rischi derivanti da agenti biologici si incontrano oggettive difficoltà per un'esatta valutazione quantitativa. Nel caso dei microrganismi, la valutazione di una dose-risposta del tipo classico, tipica della tossicologia delle sostanze chimiche, in cui si hanno effetti graduati e di tipo deterministico, non è possibile. Siamo, infatti, in una situazione più simile a quella degli effetti stocastici di tipo probabilistico: non è possibile determinare una dose soglia per l'insorgenza di effetti avversi nei confronti della salute umana. Per alcuni microorganismi non si conosce, ad esempio, la dose minima infettante, cioè il numero minimo di microrganismi in grado di dare origine ad un'infezione. Questa è determinata in parte dalla virulenza del particolare ceppo di una specie patogena, in parte dalle caratteristiche di recettività dell'ospite. In questi casi non è possibile conoscere, pertanto, neanche la dose infettante 50 che è, in effetti, la sola grandezza misurabile ed utilizzabile in termini quantitativi: il numero di microrganismi necessari per causare un'infezione nel 50% degli animali sottoposti a contagio sperimentale.
Il D.Lgs.vo 626/94 ha classificato i microrganismi in base all'infettività (capacità di un microrganismo di penetrare e moltiplicarsi nell'ospite), la patogenicità (capacità di produrre malattia a seguito di infezione), la trasmissibilità (capacità di un microrganismo di essere trasmesso da un organismo infetto ad uno suscettibile), la neutralizzabilità (esistenza di efficaci misure profilattiche di prevenzione o terapia). I quattro gruppi così ottenuti, possono essere indicativi del grado di pericolosità degli agenti biologici in esame, crescente da 1 a 4.
Nel settore conciario, i microrganismi potenzialmente implicati non appartengono alla categoria più pericolosa, ma resta comunque il problema nella valutazione dovuto al fatto che non esistono, per gli agenti biologici, dei limiti di esposizione utilizzabili come valori soglia. Nel caso specifico, c'è rischio di esposizione ad agenti patogeni che appartengono ai gruppi 2 (microorganismi che possono causare malattie in soggetti umani e costituire un rischio per i lavoratori; è poco probabile che si propaghino nelle comunità; sono di norma disponibili efficaci misure profilattiche o terapeutiche) e 3 (microorganismi che possono causare malattie gravi in soggetti umani e costituire un serio rischio per i lavoratori; possono propagarsi nelle comunità, ma di norma sono disponibili efficaci misure profilattiche o terapeutiche).
Non sono note, per il settore, misure dei livelli di contaminazione ambientale con una stima della qualità microbiologica e dei livelli di concentrazione microbica, fattori importanti per la valutazione dell'entità del rischio in relazione alla generale situazione igienica dell'ambiente di lavoro. In ogni modo, al momento, non essendo ben note le relazioni che intercorrono tra la dose infettante e la risposta dell'ospite, non esistono neanche linee-guida che indichino i livelli di esposizione e di contaminazione accettabili ai fini sanitari. I valori limite delle concentrazioni microbiche nell'aria sono di difficile definizione, sia perché il bioaerosol è un complesso

eterogeneo di particelle biologiche aerodisperse, e quindi diversamente sensibili a fattori ambientali, sia perché la risposta da parte dei soggetti su cui il rischio è misurato, dipende dall'agente infettante e dalla suscettibilità individuale. In ogni caso sarebbe necessario iniziare a costruire una scala di grado di contaminazione per valutare l'accettabilità delle condizioni di lavoro.
E' importante considerare per le concerie, la possibilità di un'eventuale contaminazione non prevedibile o controllabile a priori, essenzialmente perché le materie prime possono provenire da paesi molto diversi, quali l'Africa o l'Australia, dove diverse possono essere le condizioni igieniche, i controlli negli allevamenti degli animali ed i trattamenti effettuati per la conservazione delle pelli.
Attualmente, con misure prevenzionali ed igieniche adeguate è possibile evitare il contagio che risulta infatti molto raro. Comunque, la difficile identificazione di un rapporto causale chiaro attività lavorativa-agente patogeno-malattia professionale, e la scarsa attenzione rivolta al problema anche dagli stessi lavoratori, porta con ogni probabilità ad una sottostima del reale numero di malattie professionali o infortuni causati da agenti biologici nel settore (dermatomicosi, sindromi irritativo-allergiche, bronchiti croniche, infezioni).
Anche per gli agenti biologici diversi dai microrganismi (tannini, enzimi, polveri di cuoio) non è stato determinato un valore limite di riferimento per la valutazione dell'esposizione.
I lavoratori esposti ad enzimi sono soggetti al rischio di sviluppare, in tempi variabili da uno a tre anni, sensibilizzazione e allergia, con lo sviluppo di sintomi irritativi della pelle o del tratto respiratorio. Il rischio di sviluppare allergia ad enzimi sembra maggiore dopo inalazione di polveri di preparazioni enzimatiche, piuttosto che dopo contatto con la cute e si può verificare per esposizioni a quantità nell'ordine di milligrammi o grammi di sostanza.
Per le polveri di cuoio, per le quali è stata supposta una possibile azione cancerogena, ed anche per i tannini, i valori limite di esposizione non sono calcolati perché non sono stati effettuati studi epidemiologici esaustivi o valutazioni concrete del rapporto dose-risposta. Per le polveri si fa riferimento al TLV per le polveri inerti: 10 mg/m^3 per la frazione inalabile e 3 mg/m^3 per la frazione respirabile.
Un'analisi effettuata in una conceria Lombarda dal Dipartimento di Prevenzione della ASL di Castano Primo (MI) (31) rilevava presso il reparto smerigliatura i seguenti valori di polvere totale:
1,1 mg/m^3 per il trattamento di pelli di vitello
0,7 mg/m^3 per il trattamento delle pelli di capretto.
Anche se le concentrazioni di polveri misurate non sono risultate elevate e molto al di sotto del limite di 10 o 3 mg/m^3, il problema si pone nel caso in cui le polveri di cuoio vengano considerate non biologicamente inerti. Non è chiaro, comunque se l'eventuale effetto sia dovuto alle polveri in senso stretto o alla contaminazione delle stesse con composti chimici o metalli cancerogeni.
Rimane, pertanto, anche questa una valutazione di massima, ed i provvedimenti da adottare sono essenzialmente di tipo preventivo.

3. Analisi del rischio chimico

Una corretta valutazione dei rischi chimici connessi ad un ciclo produttivo deve tenere conto sia delle materie prime e dei prodotti finiti, sia degli intermedi di reazione nonché delle condizioni operative (ad esempio temperatura e pressione) e delle tecnologie in uso. Per esaminare correttamente ed in modo efficace questi aspetti si possono individuare per il ciclo conciario, data la sua complessità, gruppi di lavorazioni omogenee. La prima distinzione è fra lavorazioni a secco o ad umido, cioè condotte in bottali e/o in presenza di sostanze chimiche, e tra le lavorazioni in bottale, per tipo di agente chimico in uso. Seguendo questa filosofia, le fasi di lavo-

razione sono: **riviera, concia e riconcia, tintura, rifinizione**, in cui hanno luogo delle trasformazioni chimiche, e **trattamenti meccanici,** anche se presenti in diverse fasi del ciclo. Per le diverse operazioni sono sinteticamente riportati i prodotti utilizzati, tra questi sono stati individuati dapprima gli agenti di rischio chimico di maggior rilievo, ed in seguito è stata messa in relazione la gravità del rischio con gli aspetti tecnologici del processo.

3.1 Analisi del rischio chimico nelle varie fasi di lavorazione e identificazione dei fattori di rischio.

- **Riviera**: include le lavorazioni di rinverdimento, calcinaio (depilazione) e decalcinaio; gli agenti chimici in uso sono riportati in tabella

Rinverdimento	NaOH; Na_2S; Polisolfuri Ammine alifatiche quaternarie
Lavaggio abbondante con acqua a 25°C	Antibatterici: Sali Sodici di derivati fenolici, TCMTB, Dimetiltiocarbammato
Calcinaio	Donatori di ioni: $Ca(OH)_2$; Na_2S; NaHS Acceleranti: Ammine alifatiche e ammine aromatiche
Decalcinazione & Macerazione T=38 –40°C ;pH ~ 8	Acidi deboli $(NH4)_2SO_4$ e NH_4Cl
Sgrassaggio (Solo per pelli suine)	Detergenti, Solventi Clorurati (CCl_4, $C_2H_2Cl_4$, C_2HCl_5) Benzine, Lipasi

Per queste operazioni, ed in genere per quelle ad umido, ad esclusione della finitura, si utilizzano i bottali e quindi si opera con una tecnologia estremamente semplice, in cui frequentemente si riscontra la mancanza pressoché completa di sistemi di controllo sia di esaurimento dei reagenti sia della formazione di vapori indesiderati. Il carico dei reagenti può avvenire direttamente dal portellone del bottale oppure con sistemi di alimentazione con asse cavo; in entrambi i casi la manipolazione dei prodotti può portare ad un'esposizione ai reagenti, per lo più in polvere, tenendo presente che nel caso di alimentazione diretta nel portello, una errata conduzione del pH di lavorazione può dar luogo ad emissioni pericolose per gli addetti.
Il rischio più rilevante riguarda la formazione di acido solfidrico (H_2S); questo si può sviluppare da soluzioni dei suoi sali qualora il pH scenda al di sotto di 10 unità. Il gas, caratterizzato dal tipico odore di uova marce, è più denso dell'aria e quindi tende a localizzarsi sul fondo del bottale. Infortuni sono occorsi proprio in seguito alla formazione di elevate concentrazioni di H_2S all'interno del bottale che hanno portato alla caduta dell'addetto nel bottale stesso durante le operazioni di controllo delle lavorazioni. Onde evitare che errate manovre o sbalzi di pH diano luogo a sviluppo incontrollato di H_2S, sarebbe necessario disporre di adeguati sistemi di controllo o ventilazione che consentano sia una migliore conduzione del processo sia condizioni di maggiore sicurezza per i lavoratori.
Nelle operazioni di decalcinazione e macerazione si utilizzano acidi organici per abbassare il pH a valori di circa 8, ed in questo modo consentire l'eliminazione dei solfuri. In genere gli acidi organici (acido formico, acido ossalico) hanno uno spiccato potere irritante anche in seguito allo sviluppo di vapori. Non vi sono altre precauzioni particolari se non la conduzione con cura dell'abbassamento del pH onde evitare emissioni di H_2S.
Tra gli agenti antibatterici maggiormente in uso vi sono il 2-Tiocianometil tiocianobenzotiazolo

(TCMTB) o in alternativa derivati fenolici, i quali dovrebbero essere esenti da pentaclorofenolo. Il pentaclorofenolo può produrre, infatti, danni a fegato, reni, sistema nervoso ed immunitario; le evidenze di cancerogenicità sono certe solo per animali da laboratorio (classificato nel gruppo B2 secondo IARC).
E' bene rammentare che l'utilizzo di antibatterici avviene sin dalle prime operazioni nei paesi d'origine (Africa, Cina); non sempre è verificabile il tipo di prodotti utilizzati e quindi composti dannosi potrebbero essere rilasciati durante le operazioni successive.
L'importanza della provenienza delle pelli è stata messa in evidenza anche da un'indagine svolta dal Dipartimento di Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro di Castano relativamente all'Arsenico (32), utilizzato principalmente in Senegal come antibatterico. A seguito dell'individuazione di Arsenico nelle acque di processo di alcune concerie è stata valutata l'esposizione dei lavoratori all'arsenico (appartenente al gruppo A1 secondo ACGIH) mediante monitoraggio biologico, coinvolgendo due aziende del territorio e ripetendo l'indagine anche a distanza di alcuni mesi. I valori di arseniuria ottenuti (il più elevato era pari a 32mg/g creatinina) erano tutti inferiori ai BEI indicati da ACGIH (50 mg/g creatinina); si osservava comunque un incremento di tale valore in corrispondenza della lavorazione con pelli trattate con Arsenico, in particolare durante le operazioni di immagazinamento ed in funzione dell'organizzazione del lavoro.

- **Concia e riconcia**: (Pickel, Concia, neutralizzazione, riconcia).

Pickel	NaCl
Acidificazione pelle (pH ~ 2.5 – 3)	H_2SO_4 ,HCOOH, Acido Solfoftalico
Concia	Solfato basico di cromo; sali di alluminio; sali di Zirconio
Nello stesso bagno di pickel	NaOH;$NaHCO_3$
Dopo 3-4 h innalzamento pH a circa 4	Tannini
Neutralizzazione	$NaHCO_3$; $(NH_4)HCO_3$
T= 20-30°C	Sodio bisolfito
Riconcia	Sali di Cromo;Sali Alluminio; Tannini sintetici
	Resine ureiche, ammidiche
	Aldeidi; Glutaraldeide (Cuoio raggrinzito)
	Ausiliari

La fase di pickel è stata inclusa in questo gruppo poiché prepara la pelle alla concia vera e propria (reticolazione del derma in seguito all'assorbimento dell'agente conciante) che deve essere condotta in condizioni di basso pH e quindi richiede l'uso di acidi forti, i quali manifestano proprietà irritanti sia delle vie respiratorie sia della cute.
La concia può essere condotta seguendo svariate tecniche: al cromo, ai tannini vegetali, ai tannini sintetici o ancora concia mista; ciò comporta che il numero di composti in uso sia abbastanza consistente.
La tecnica maggiormente diffusa è la concia al cromo il cui reagente primario è il solfato basico di cromo, cui vengono aggiunti altri prodotti di varia natura a seconda delle caratteristiche desiderate sul prodotto finito (EDTA, fenolo, acido fenolsolfonico). Il Cromo, che è l'agente conciante, è anche di particolare interesse per le implicazioni occupazionali (stati di ossidazione III e VI) ed ambientali. Poiché le manifestazioni di tossicità sono connesse sia allo stato di ossidazione sia alla solubilità in acqua, la classificazione di cancerogenicità da parte di ACGIH è differenziata in base a questi parametri. Per lo stato di ossidazione (VI) sono state accertate le

caratteristiche di agente cancerogeno nei confronti dell'uomo e quindi è classificato A1 (TLV = 0.01mg/m^3, per composti insolubili; 0.05 mg/m^3 per composti solubili) mentre per lo stato di ossidazione (III) non vi sono adeguate evidenze a favore o contrarie al potenziale di cancerogenicità sebbene la natura chimica del prodotto potrebbe giustificare un comportamento pericoloso per l'uomo e quindi è classificato A4 (TLV = 0.5 mg/m^3). Questa distinzione fra gli stati di ossidazione è un aspetto rilevante per quanto concerne la valutazione del rischio, infatti, l'agente conciante attualmente è il Cr (III), ma la presenza di Cr(VI) può costituire un elemento di rischio e quindi non possono essere trascurate eventuali impurezze o fenomeni che consentano in situ la formazione, seppure in piccole quantità di Cr(VI).
Sebbene a priori si potrebbe escludere che fenomeni di ossidazione rilevanti abbiano luogo durante le lavorazioni, a causa del pH di esercizio, presso Lederinstitut Greberschule Reuthingen (Germania) (33) studi a riguardo hanno indagato una serie di fattori che potrebbero favorire l'ossidazione del Cr(III), fissato sulla pelle, a Cr(VI). I test sono stati condotti su tre diversi tipi di pelli e la determinazione sul contenuto di Cromo veniva effettuata dopo asciugatura all'aria oppure in condizioni estreme, quali asciugatura a 80°C per 24 ore in camera anidra, dopo irraggiamento UV per 48 ore, per esasperare i fenomeni in gioco. I risultati conseguiti indicano che il valore del pH è un fattore che può determinare la riduzione della formazione di cromati e quindi si consiglia, in fase di neutralizzazione, l'utilizzo di ausiliari di riduzione in sostituzione di ammoniaca e bicarbonato di sodio.
Molto importanti sono gli ingrassanti; in particolare olio di pesce sulfonati, o sistemi che contengano uno o più acidi grassi insaturi; infatti sistemi ad elevato numero di iodio favoriscono la formazione di cromati. La fase di riconcia vegetale (mimosa, quebracho e tara) svolge un ruolo rilevante nella soppressione dell'ossidazione a Cr(VI). Accanto ai trattamenti ad umido, sono state esaminate anche operazioni diverse quali l'asciugatura sottovuoto (come atteso non ha mostrato alcun effetto) e le procedure di smerigliatura per l'ottenimento del prodotto scamosciato (questa ha dato luogo ad incrementi nel contenuto di Cr(VI) solo se già presente nella pelle prima di iniziare tale lavorazione).
In generale l'esposizione a Cromo può avvenire per inalazione durante le fasi di caricamento, in questo caso le manifestazioni che ne seguono sono insorgenza di tumori delle vie respiratorie. Nel caso invece che il Cr(VI) si sia formato nel corso delle lavorazioni, la principale via di esposizione è per contatto con la pelle ancora umida durante le operazioni di movimentazione o durante le lavorazioni meccaniche che prevedano il contatto ripetuto con la pelle.
Una valutazione dell'esposizione a Cromo mediante monitoraggio biologico è stata condotta nel comprensorio di Castano Primo/Turbigo (34). Sono stati individuati 3 gruppi omogenei di lavoratori: G1 (concia, riconcia, carico e scarico bottali), G2 (messa al vento, pressatura, rasatura, smerigliatura) e G3 (preparazione colori, spruzzo e velatura) ed è stata valutata la Cromuria (contenuto di cromo nelle urine). Il contenuto di cromo urinario del gruppo G1 era significativamente più elevato dei gruppi G2 e G3 sebbene i valori ottenuti abbiano comunque indicato una bassa esposizione: il 68% di essi era inferiore a 2mg/l. Inoltre, nel gruppo G2 i valori erano comunque più elevati che nel gruppo G3, il quale statisticamente non si differenzia da un gruppo di non esposti. I risultati sono stati esaminati anche alla luce della provenienza delle pelli, poiché in alcuni dei paesi di origine non si può escludere a priori l'impiego di Cr(VI) nelle operazioni di concia. Questo parametro si è, però, mostrato ininfluente ai fini dell'esposizione professionale.
Alcune misure di assorbimento cutaneo sono state condotte anche dalla Dipartimento di Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro di Castano Primo (35), queste confermano l'assorbimento di una certa quota attraverso la cute (27 mg/cm^2) di Cr(III), ma che non è correlato ad altri parametri; altre fonti (36) indicano che non si sono osservati incrementi della concentrazione di Cr(III) per esposizione della cute alle soluzioni di concia (immersione della mano per 1 ora) e che in genere gli incrementi erano correlati all'assorbimento per via gastrointestinale.

Per la concia con tannini, quelli denominati vegetali sono derivati naturali del pirogallolo e del pirocatecholo, per i quali non esistono evidenze certe di rischi per la salute dei lavoratori. I tannini di sintesi comprendono un'ampia gamma di prodotti che possono essere utilizzati sia in concia sia in riconcia. In genere possono essere derivati a base polifenolica o prodotti di condensazione da acidi arilsolfonici o arilidrossisolfonici con composti carbonilici, oppure con urea, dicianammide, melammina, isocianati o resine (acriliche).
Studi nelle realtà inglesi, scandinave ed americane su addetti sia alla concia al cromo, sia alla concia vegetale, non hanno mostrato un significativo eccesso di morti per tumore rispetto la popolazione media (37,38,39), dato confermato anche per le realtà italiane di Biella e Genova (40,41).

Nella concia organica una valutazione del rischio è particolarmente complessa in quanto vengono utilizzati diversi composti, tra i quali si sottolinea l'uso di prodotti classificati R40 quali formaldeide e aldeide acetica, di glutaraldeide (R43) che esplica anche un'azione irritante, e di acrilammide (R45 e A3 secondo AGCIH) la cui via di assorbimento è principalmente quella cutanea e sviluppa dermatiti. Questo tipo di concia non è effettuata nel comparto lombardo.
Nel complesso lo IARC ha stabilito che il processo di concia genera esposizioni che non sono classificabili come carcinogeni per l'uomo (42), anche se in passato si è riportato di un caso di cancro nasale in una conceria che usava processi con estratti vegetali, e di un tumore dei tessuti molli in una conceria con processo al cromo tri ed esavalente (43).

- **Tintura**

Questo è un singolo processo ad umido che è stato volutamente separato dalle fasi precedenti poiché viene eseguito a temperature tra i 60 ed i 70 °C e la varietà dei prodotti in uso si amplia e si modifica in accordo con le esigenze del mercato. Per i lavoratori di questo settore è importante sottolineare l'uso di una tale molteplicità di prodotti ed i loro possibili effetti sinergici.
I vari coloranti (acidi, basici, diretti), generalmente classificati con frasi di rischio R36/38, talvolta provengono da ammine aromatiche e la loro purezza (o meglio l'impurezza dei prodotti di base) è un aspetto rilevante per l'esposizione dei lavoratori. In letteratura sono riportati casi, sia in Italia sia all'estero, in cui l'impiego di benzidine ha portato un aumento del numero di tumori della vescica (41).
Un fattore da prendere attualmente in considerazione è la provenienza di tali prodotti: sempre più si stanno affacciando al mercato paesi emergenti che propongono prodotti a prezzi decisamente competitivi, ma che potrebbero utilizzare tecnologie di produzione non adeguate ai requisiti di sicurezza richiesti in Italia.
Nella stima dell'esposizione a tali agenti di rischio vanno sempre considerati tanto le operazioni di manipolazione diretta dei coloranti, dei solventi ed additivi necessari all'ottenimento delle caratteristiche volute, quanto la manipolazione delle pelli trattate. Valgono quindi le considerazioni fatte in precedenza.

- **Rifinizione**

Studi svolti dal Dipartimento di Prevenzione della USL 11 di Empoli (44) hanno messo in luce, analizzando oltre 15000 schede di sicurezza di prodotti per la conceria, che le sostanze di base di cui erano costituiti erano 273 e ben 134 venivano utilizzate per la sola fase di rifinitura. Ciò da un'idea della complessità della stima del rischio per i lavoratori che operano a campagne con prodotti fra loro differenti in relazione alla richieste del mercato. E' la fase in assoluto di maggiore diversificazione sia per le metodiche di applicazione dei prodotti finali, sia per il maggior numero di prodotti in uso.

La rifinizione può essere alla caseina, all'anilina, alla resina ed alla nitrocellulosa: accanto agli agenti caratterizzanti le diverse rifinizioni si usano resine sintetiche (acriliche e butadieniche), pigmenti, leganti copolimeri (BU-ACN-STY) ecc., e possono essere diverse anche le tecniche di applicazione. In genere si procede alla deposizione di un film di prodotto (per spruzzatura oppure utilizzando un tampone o ancora, per particolari prodotti, in seguito a passaggio sotto una tramoggia che lascia cadere il prodotto attraverso una fessura) sulle pelli movimentate con nastri mobili il quale viene successivamente reticolato per lo più termicamente per asciugatura in tunnel a temperature di circa 35-40°C.
Tra gli aspetti da sottolineare nell'applicazione dei prodotti a spruzzo sono i fenomeni di overspraying, che in taluni casi possono essere anche del 35% e quindi richiedono un adeguato sistema di abbattimento/contenimento dei vapori, tanto nella zona di spruzzatura, quanto nella zona di asciugatura della pelle.
Tra i prodotti in uso da menzionare per l'azione tossica vi sono solventi quali Metiletilchetone (MEK), Dimetilformamide (DMF), stabilizzanti come acido formico (HCOOH) come pure pigmenti a base metallica (R40), poliaziridine, acrilonitrile, butadieni, uretano (etilcarbammato), acrilammide, e sensibilizzanti tra cui caseina e caprolattame (CPL).
Una rifinitura tipica del magentino prevede l'uso della formaldeide. Poiché sono note le caratteristiche di tossicità (R40, A2, TLV/STEL= 0.3 ppm) il Dipartimento di Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro di Castano Primo ha svolto un'indagine nel 1987 su tre aziende differenziate fra loro per dimensioni, metodo di lavorazione e ambienti di lavoro (45). Sono stati eseguiti campionamenti in corrispondenza del tappeto mobile di carico delle pelli, all'ingresso ed all'uscita della cabina di spruzzatura, ed allo scarico delle pelli. L'indagine ha mostrato che i valori massimi della sostanza si registravano in corrispondenza dello scarico delle pelli. In genere i valori erano inferiori al TLV ed i valori più elevati erano legati all'impiego di soluzioni di formaldeide a maggiore concentrazione.
In alcuni casi tali metodi di rifinizione sono stati sostituiti con la rifinizione alle aziridine o al cromo. Si è passati però così, ad utilizzare altri prodotti sconsigliati dal punto di vista sanitario poiché classificati R45.

- **Lavorazioni meccaniche**: (scarnatura, rifilatura, spaccatura, smerigliatura)

In genere queste lavorazioni richiedono l'intervento dell'addetto al carico della pelle il quale è quindi in contatto con la pelle umida e quanto depostovi nel corso dei diversi trattamenti. Durante le lavorazioni di smerigliatura si aggiunge il rischio legato alle polveri di pelle, qualora questa venga condotta su pelli secche, mentre nel caso di pelli umide la polvere è grossolana e quindi tale da non dare luogo a complicazioni per il lavoratore. Nel follaggio, poiché è previsto anche l'impiego di segatura, si può aggiungere anche l'effetto delle polveri di legno.

3.2 Valutazione dose/risposta. Valutazione dell'esposizione e caratterizzazione del rischio chimico.

Come già affermato, il rischio di esposizione del lavoratore ad agenti chimici è strettamente connesso alle modalità operative come ben ribadisce il D.Lgs 626/94, in cui vengono più volte individuate le azioni da intraprendere, alla luce delle conoscenze tecnologiche e di quelle tossicologico-epidemiologiche, per la tutela della salute dei lavoratori.
Un importante elemento per la valutazione dell'esposizione è il TLV, quella grandezza che indica un valore di concentrazione cui far riferimento per la caratterizzazione delle condizioni lavorative.
Dato il rilevante numero di composti in uso nel ciclo conciario verrà esaminato, solo per alcuni di essi, tale valore di riferimento.

Acido solfidrico (TLV-TWA = 10 ppm con proposta di riduzione a 5ppm)

Può produrre effetti acuti differenti secondo la concentrazione. La soglia olfattiva dell'uomo è pari a 25 ppb, già a 3-5 ppm l'odore risulta fastidioso ma, intorno ai 100 ppm, in seguito ad assuefazione olfattiva, non viene più riconosciuto e quindi si perde uno strumento di difesa contro questo agente chimico che ad elevate concentrazioni porta la morte per asfissia in seguito al blocco dei centri respiratori. Nella tabella seguente sono riportati gli effetti prodotti (risposta) in relazione alla dose di esposizione.

CONCENTRAZIONE H_2S (ppm)	*EFFETTO*
10	Irritazione degli occhi
20	Irritazione delle vie aeree
70-150	Comparsa di modesti sintomi dopo parecchie ore di esposizione
170-300	Massima concentrazione senza gravi sintomi dopo parecchie ore di esposizione
250-600	Edema polmonare o broncopolmonite dopo esposizione prolungata
400-700	Comparsa di gravi sintomi dopo esposizione da $^1/_2$ ora a 1 ora
700-900	Improvvisa perdita di coscienza e coma
1000-2000	Immediata perdita di coscienza, apnea e morte in pochi minuti

(Dal "Trattato di Medicina del Lavoro" di E. Sartorelli, Padova, 1981)

Nel caso invece di esposizioni prolungate, sono disponibili alcuni studi su animali, i quali indicano che per esposizioni subcroniche solo a concentrazioni elevate si hanno lesioni nasali mentre non vengono ad essere danneggiate altri organi o funzioni vitali. Studi condotti su lavoratori esposti a H_2S in modo prolungato indicano una riduzione della funzionalità polmonare (46) ed in alcuni casi diminuzione dell'olfatto e del gusto (47).

Cromo [Cr(VI) A1 (TLV = 0.01mg/m^3, per composti insolubili; 0.05 mg/m^3 per composti solubili) - Cr(III) A4 (TLV = 0.5 mg/m^3)]
Per la valutazione dell'esposizione si possono considerare sia il monitoraggio dell'ambiente di lavoro sia il monitoraggio biologico (BEI = 50 mg/g creatinina). In questo secondo caso si deve tener presente che gli indicatori biologici possono esser influenzati da un rilevante numero di variabili: il metabolismo del Cromo prevede l'ossidazione del Cr(VI) a Cr(III), specie normalmente presente nell'organismo umano in quanto nutriente. Quindi il dato di cromuria è espresso come variazione (DCrU). L'azione cancerogena del cromo è stata attribuita principalmente al cromo (VI) in base agli studi condotti sugli animali poiché nei test condotti sull'uomo non era possibile disporre di una sola delle due forme. Su base animale si è invece evidenziato che il Cr(VI) è mutageno a differenza del Cr(III).
Oltre ai noti effetti cancerogeni, il Cromo manifesta proprietà allergiche che sono maggiormente spiccate per Cr (VI) rispetto al Cr(III), proprio a causa della minore solubilità di quest'ultimo; le dermatiti causate da cromo sono molto frequenti fra gli addetti del settore.

Formaldeide (A1 secondo ACGIH – non esiste TLV-TWA. TLV-STEL = 0.37 mg/m^3)
La formaldeide è classificata B1, secondo lo IARC, classificazione basata su limitate evidenze umane e sufficienti evidenze animali. Nove studi mostrano un'associazione statistica all'insorgenza di carcinomi squamosi nasali in relazione all'esposizione a formaldeide o sue miscele.

Come emerso dalle precedenti descrizioni del ciclo produttivo le situazioni in cui può aver luogo un'esposizione ad agenti chimici sono:

- Manipolazione dei composti/preparati (preparazione soluzioni, caricamento dei reagenti)
- Controllo dell'avanzamento del processo
- Operazioni di pulizia
- Movimentazione delle pelli

Nella valutazione del rischio è necessario considerare sia il danno (D; valori crescenti da 1 a 4) in relazione alla pericolosità intrinseca dell'agente chimico sia la probabilità di accadimento (P; valori crescenti da 1 a 4) in funzione delle misure e tecniche adottate.
Un esempio di valutazione del rischio per il ciclo conciario è la presenza di aspirazione in corrispondenza del boccaporto dei bottali durante la fase di pickel; la presenza di questo sistema permette l'abbattimento dell'inquinante H_2S in misura rilevante e quindi riduce il valore di P. Questo risultato, facilmente prevedibile, è stato anche quantificato da misure condotte in conceria, infatti a impianto di aspirazione fermo la concentrazione di H_2S era pari a 6240 mg/m^3, all'avvio del sistema di aspirazione tale valore scendeva a 4 mg/m^3(48) mettendo in evidenza un cambio significativo del rischio per il lavoratore.
La realtà conciaria ha impiegato notevoli sforzi per adeguare la tecnologia a migliori requisiti di salubrità, seguendo le linee d'intervento in accordo con D.Lgs 626. Vengono quindi riportati i risultati di tali iniziative, per la maggior parte ancora in corso, che potrebbero, una volta concluse, portare all'introduzione di innovazioni atte a ridurre ulteriormente il rischio per i lavoratori.

La prima via di riduzione dei rischi è la sostituzione degli agenti di rischio con prodotti meno tossici. Riferendoci alle fasi ed alle sostanze in precedenza considerate, in un primo caso, ad esempio, si potrebbe valutare la sostituzione con Tiouree e tioalcoli del solfuro di Sodio nell'operazione di depilazione (*Progetto Life 93/I/A132/2157*). Anche se al momento l'uso del solfuro di sodio non può essere ancora abbandonato, questa possibilità va considerata e studiata per le ovvie conseguenze nell'ambiente di lavoro. Infatti per agenti quali H_2S vi sono oltre i fenomeni acuti, anche i fenomeni cronici che non possono esser comunque trascurati.

Per gli agenti concianti sono notevoli gli sforzi volti alla sostituzione del Cromo con sistemi ecologicamente più rispettosi dell'ambiente; ciò è importante poiché per il Cromo(III) non è stata ancora esclusa un'azione cancerogena nei confronti dell'uomo e quindi la buona norma considera necessario ridurre quanto più possibile la sua esposizione. In questo senso si stanno muovendo diverse aziende produttrici ed anche la Comunità Europea attraverso progetti europei attualmente in corso (ad esempio: *progetto Brite/Euram -BRST985459*).

Qualora la prima via non sia percorribile è necessario ricorre ad adeguati accorgimenti tecnologici e quindi all'introduzione di meccanismi che permettano un controllo del processo tale da evitare situazioni "limite" che possano dar luogo a rischi per i lavoratori, oltre che a migliorare l'economia del sistema.
L'approccio alla concia come un normale processo chimico batch, in cui vi sia un controllo dei reagenti e dei parametri quali temperatura e pH, è stato oggetto di uno progetto europeo (pro-

getto CRAFT CR1183591/BRE21563). In questo caso l'intervento dell'operatore era ridotto al minimo poiché anche eventuali aggiunte dei reagenti erano controllate telemetricamente. Il sistema, dotato di sensori per l'esaurimento dei sistemi reagenti, consentiva anche una riduzione dei consumi.
Per il controllo del consumo del cromo, ad esempio, sono già disponibili dei sensori ed altri sono in fase di studio. Più critici sono invece i sensori per H_2S in quanto, pur essendo disponibili, non sono applicabili nella realtà produttiva.
Va sottolineato che in alcune realtà si opera con la tecnica d'alimentazione ad asse cavo che consente una riduzione dell'esposizione del lavoratore al rischio poiché non è direttamente posizionato sull'apertura del bottale durante le lavorazioni.

Diverso è il discorso per la rifinizione in cui la tecnologia sta cercando sistemi di applicazione che consentano sia un contenimento delle emissioni sia un risparmio nel consumo del prodotto, ad esempio, utilizzando soluzioni a basso contenuto di solvente.

4. Conclusioni

Il ciclo conciario è stato esaminato alla luce delle attuali conoscenze, allo scopo di presentare un panorama sulle principali cause di rischio per la salute dei lavoratori derivanti da agenti chimici e biologici.
Sono stati evidenziati gli agenti biologici implicati come possibili fonti di malattie professionali nel settore. Sono, inoltre, stati esaminati alcuni tra gli agenti di rischio chimico di maggior rilievo e con riferimento alla realtà lombarda: H_2S, Cromo e formaldeide.
Per questi, note le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche, è stata proposta una valutazione sia alla luce delle attuali tecnologie sia delle innovazioni richieste dal mercato o da nuovi schemi di lavorazione. Tali elementi di valutazione sono suscettibili di modifiche a seguito di nuove evidenze epidemiologiche o di nuove metodiche analitiche.

5. Ringraziamenti

Gli autori sentitamente ringraziano quanti hanno contribuito alla realizzazione di questo lavoro. In particolare il nostro ringraziamento va al Dott. G. Gaviani del Dipartimento di Prevenzione dell'ASL Provincia di Milano n.1 per aver messo a disposizione dati originali di indagini svolte nel comparto Castano-Turbigo ed al Dott. Donelli dell'U.O. Tutela della Salute nei luoghi di Lavoro - ASL di Legnano, al Dott. Alossa della Conceria Stefania di Castano Primo e alla Conceria Turbighese di Turbigo per l'attiva collaborazione sul campo, al Dott. Latini e la Dott.ssa Mattioli della Bayer di Milano per interessanti discussioni, al Dott. Zilli dell'UNIC (Unione Nazionale Industria Conciaria) per la collaborazione e per aver fornito informazioni sulla situazione del comparto ed al Dr. Mussapi dell'ANPA per l'esaustiva relazione sul settore della Concia.

BIBLIOGRAFIA

Gaviani G.et al.: Dati non pubblicati.

Perone A., Gelosa L. G.: Batteriol virol Immunol. 1982, 75:322-36.

Pfisterer RM.: Schweiz Med Wochenschr. 1991, 121(22):813-25.

Turbull BC et al.: J Appl Microbiol. 1998, 84:667-76.

Shafazand S et al.: Chest. 1999, 116(5):1369-76.

Smith KL et al.: J Appl Microbiol. 1999, 87(2): 204-7.

Castro et al.: Minerva Med. 1999, 90(3):81-3.

Hubalek Z et al.: Med Vet Entomol. 1996, 10(3):241-46.

Senol M et al.: Cutis. 1999, 63(1):49-51.

Levesque B et al.: Clin Diagn Lab Immunol. 1995, 2(4):496-98.

Milionis et al.: Infection. 2000, 28(2):124-6.

Ciceroni et al.: Eur J Epidemiol. 2000, 16(1):79-86.

Brooke CJ e Riley TV.: J Med Microbiol 1999, 48(9):789-99.

Yamamoto K et al.: Res Vet sci 1999, 67(3):301-3.

Popugailo VM et al.: Zh Mikrobiol Epidemiol Immunobiol 1983, 10:46-49.

Frolov V.M., Bakalanov A.N.: Med Tr Prom Ekol 1995, 8:18-20.

Gorby G.L., Peacock J.E.: Rev infect Dis 1988, 10(2):317-25.

Tylewska-Wierzbanowska S et al.: Rocz Akad Med Bialymst. 1996, 41(1):123-28.

Bell et al.: Commun Dis Intell. 1997, 21(3):29-31.

Raoult D et al.: Medicine. 2000, 79(2):109-23.

Ko WC et al.: J Formos Med Assoc. 2000, 99(1):33-38.

Roberts D.T.: Br J Dermatol 1999,141:1-4.

Escalante MT et al.: J Allergy Clin Immunol. 2000, 105(3):547-51.

Klein et al.: Cutis 1999, 63(3):171-172.

Scalabrin D.M.: J Allergy Clin Immunol 1999, 104(6):1273-79.

Berrens et al.: Inflamm Res. 1997, 46:455-60.

IARC: vol. 10 – 1976; suppl. 7 – 1987.

Chen S.C., Chung K.T.: Food Chem Toxicol. 2000, 38:1-5.

Kuo M.L., Wu W.S., Lee K.C., Lin J.K.: Biochem pharmacol. 1993, 46: 1327-32.

Martinez A et al.: Mutat Res. 2000, 467:41-53.

Gaviani.G.: Dati non pubblicati.

Gaviani G. et al.: "Aggiornamento sull'indagine sull'esposizione ad arsenico durante il lavoro nelle imprese conciarie del castanese" Settembre 1997. Dati non pubblicati.

Hauber C., Germann H.,: World Leather. 1999, 10.

Donelli S,Panciroli E.: "Valutazione dell'esposizione a cromo nell'industria conciaria " risch'96, pag. 647-652.

Gaviani G.: Dati non pubblicati.

Aitio A., Jarvisalo J., Killunen M.,Tossavainen A., Vaittinen P.: Int. Arch. Occup Envir. Health. 1984, 54(3): 241-249.

Pippard E.C., Acheson E.D., Winter P.D.: Br J Ind Med. 1985, 42(4): 285-7.

Stern F.B., Beaumont J.J., Halperin W.E., Mutrthy L.I., Hills B.W., Fajen : J. Scan work, envir. and Health. 1987, 13(2): 108-117.

Randall J.A., Gibson R.S.: Br J Ind Med. 1989, 46(3): 171-175.

Bonassi S., Merlo F., Puntoni R., Ferraris F., Bottura G.: Epidemiol Prev. 1990, 12(44): 25-30.

Montanaro F., Ceppi M., Demers P.A., Puntoni R., Bonassi S: Occup Envirom Med. 1997, 54(8): 588-91.

IARC: Supplement 7, 1987, p.236.

Pippard E.C., Acheson E.D., Winter P.D.: Br J Ind Med. 1985, 42:285-287.

Poli C., Calzoni P., Carmusciano F., Fastelli M., Megas F., Moggio A., Farina G.A., Valiani M., Pertici G.: "Composti chimici in conceria – analisi delle schede di sicurezza" atti del II° congresso Europeo di igiene industriale.

Gaviani G., Scianardo M.: "Relazione su spruzzatura di formalina in rifinizione" Gennaio 1987. Dati non pubblicati.

Richardson D.B.: Am J Ind Med. 1995, 28(1):99-108.

Hirsch A.R., Zavala G.: Occup Environ Med. 1999, 56(4):248-7.

Regione Veneto- Unità locale Socio-sanitaria n° 34 – Arzignano- Montecchio Maggiore "L'igiene ambientale nell'industria conciaria",Ottobre 1983.

REQUISITI GENERALI PER LA MISURA DEGLI INQUINANTI CHIMICI AERODISPERSI - NORME ED INDICAZIONI

D. Cottica, E. Grignani**

* Fondazione Salvatore Maugeri - Clinica del Lavoro e della Riabilitazione - IRCCS Istituto Scientifico di Pavia

RIASSUNTO

L'applicazione del D.Lgs. 626/94 e comunque la tutela della salute nei luoghi di lavoro comportano frequentemente la misura di agenti chimici aerodispersi; uno degli obiettivi è quello di verificare il rispetto dei valori limite definiti dalle leggi vigenti, dalla medicina del lavoro, dalla tossicologia nonché l'applicabilità ed in che misura, di norme premiali: da questo processo di valutazione possono derivare interventi di notevole peso giuridico, sociale ed economico per cui è importante che tale giudizio venga dato sulla base di misure esenti da errori sistematici e con un'incertezza nota stabilita ad un determinato livello di confidenza.
Le misure degli agenti chimici nell'atmosfera degli ambienti di lavoro richiede in particolare che le procedure di misura rispondano ai requisiti d'incertezza globale previsti per gli scopi della misura stessa. Negli ultimi anni, oltre allo sviluppo di metodiche di campionamento ed analisi degli inquinanti chimici, si è assistito ad un incremento dell'introduzione di criteri di qualità che hanno spinto gli Enti proposti alla definizione di standard di misura a dedicarsi non solo ai metodi analitici ma anche ad una fonte rilevante d'errori quale quella del campionamento.
In particolare il CEN dopo un primo sforzo per produrre la EN 482/94 che, definendo i criteri generali di performance delle procedure di misura degli agenti chimici, è stata la base per la stesura della EN689/95 sulle strategie per la determinazione dell'esposizione professionale e di tutte le altre norme specifiche, nel campo dell'igiene industriale, sui requisiti che debbono essere soddisfatti dagli strumenti e dai substrati utilizzati con lo scopo di definire e limitare gli errori nella fase critica del campionamento.
Recenti esperienze di gruppi di lavoro CEN coinvolti in esercizi di campionamento ed analisi degli inquinanti aerodispersi hanno evidenziato che la fase critica delle determinazioni è quella del prelievo per la mancata osservanza dei requisiti di performance dei sistemi di prelievo.
E' auspicabile che la crescente necessità di qualità globale nei processi di certificazione da parte delle aziende spinga coloro che si occupano d'igiene industriale e misura degli agenti di rischio aerodispersi ad applicare le EN relative alla fase del campionamento che, pur essendo la più critica, è stata spesso trascurata a favore della standardizzazione delle sole metodiche analitiche.
Il lavoro illustra i principi base per attuare un programma di Garanzia della Qualità (GQ) in un laboratorio d'igiene industriale; sono considerati l'organizzazione della struttura; la catena delle responsabilità; i requisiti delle metodiche di campionamento ed analisi secondo le norme europee (EN), il NIOSH , l'OSHA; la presentazione dei risultati.

Introduzione

In generale il campionamento dell'aria negli ambienti di lavoro viene effettuato per uno o più dei seguenti scopi:
1) giudicare il rispetto dei valori limite d'esposizione nel tempo;

2) valutare l'efficacia degli interventi di prevenzione impiantistica e procedurale;
3) attivare le procedure di controllo delle emergenze al fine di contenere e mitigare gli effetti dell'esposizione ed evitare gli episodi acuti d'inquinamento;
4) osservare gli andamenti dell'esposizione e dell'inquinamento in determinati ambienti;
5) predisporre una raccolta di dati necessaria per le valutazioni degli effetti sanitari, per lo sviluppo e la valutazione delle strategie di risanamento, per lo sviluppo e la validazione dei modelli diffusionali.

Dagli scopi suesposti è facile intuire il risvolto socio economico connesso alle decisioni che si assumono sulla base dei dati forniti e quindi l'importanza dell'attendibilità di questi.
Una volta fissate le caratteristiche di qualità che devono avere le misure per un particolare scopo, affinchè queste vengano perseguite sarà necessario attuare un programma di Garanzia della Qualità (GQ) per assicurare che i dati siano conformi agli obiettivi di completezza, precisione, accuratezza, rappresentatività e confrontabilità.
Il ruolo di un programma di GQ in un laboratorio d'igiene industriale è quello di fornire un prodotto (risultati delle determinazioni) che soddisfi i requisiti di qualità e permetta d'individuare gli errori nelle fasi di produzione dei dati; parte integrante di un programma di GQ è il sistema di Controllo di Qualità (CQ).
In un laboratorio d'igiene industriale un programma di GQ/CQ deve riguardare:

- *l'organizzazione della struttura* con l'attribuzione delle responsabilità e dei compiti (o funzioni) al personale;
- *il prelievo dei campioni* (campionamento);
- *l'analisi dei campioni*;
- *la presentazione dei risultati*.

Organizzazione della struttura

L'organizzazione della struttura deve prevedere un "*coordinatore*" che ha la responsabilità generale d'assicurare che i dati ottenuti siano conformi agli obiettivi di completezza, precisione, accuratezza rappresentatività, confrontabilità ed un "*responsabile dei campioni*" che segue l'iter dei campioni lungo la catena di custodia: ricevimento in laboratorio, catalogazione, smistamento alle linee analitiche, conservazione dei campioni, refertazione dei risultati; i metodi e le procedure utilizzate devono esser documentate per scritto.

Parti integranti dell'aspetto organizzativo/funzionale possono esser considerati:

- l'adeguatezza e la facilità d'utilizzo dell'equipaggiamento e degli strumenti che devono esser mantenuti in efficienza;
- la preparazione del personale che, per l'attività di campionamento, costituisce un prerequisito fondamentale in quanto in questa fase ricadono buona parte degli errori che contribuiscono all'incertezza delle misure;
- l'applicazione delle buone pratiche di laboratorio (Good Laboratory Practices - GLP) che sono regole di tipo generale (manutenzione dell'equipaggiamento, trasporto e stoccaggio dei campioni, controllo del reagentario) per minimizzare errori grossolani o sistematici;
- procedure operative standard quali metodi scritti e validati per il campionamento e/o la misura (UNICHIM - CEN - NIOSH - OSHA);
- protocolli per scopi specifici che definiscono, per scritto, cosa deve esser fatto in una determinata situazione di misura; essi devono riportare l'identificazione del responsabile delle misure, la definizione del campo d'applicazione, la specifica dei campioni e del tipo di dato che si vuol ottenere, la metodologia dei controlli, la presentazione dei dati;

- la calibrazione dei sistemi di misura attraverso il confronto con standard di riferimento certificati;
- audits interni;
- partecipazione a programmi di verifica interlaboratoriali.

Campionamento

NIOSH ed OSHA nelle premesse ai rispettivi manuali dei metodi analitici definiscono gli elementi di un processo di CQ applicabili nella fase di campionamento, in funzione delle caratteristiche delle sostanze da determinare, del metodo e delle risorse disponibili (1) (2).
Gli elementi del processo valutativo possono esser così sintetizzati:

- strategia e procedura di campionamento: campionamento personale o d'area;
- descrizione dell'ambiente e potenziali interferenti: temperatura, umidità, sostanze presenti;
- selezione della strumentazione: prove di calibrazione in laboratorio ed in campo, manutenzione dei componenti il campionatore;
- velocità facciale, diffusione inversa, portata di campionamento per i sistemi a diffusione;
- scelta dei substrati di raccolta: efficienza di cattura, saturazione del substrato;
- operazioni di campionamento in campo: tempi di prelievo e controlli periodici della portata delle pompe;
- procedure per la raccolta dei campioni: etichettatura, preparazione per la conservazione durante il trasporto e per evitarne la contaminazione;
- protocollo per la raccolta di campioni di "bianco": in funzione del substrato di raccolta e della situazione ambientale.

Analisi dei campioni

I già citati NIOSH ed OSHA, pur differenziandosi per alcuni aspetti relativi alla classificazione dei metodi in funzione del contenuto del processo di validazione cui sono stati sottoposti, sono concordi sui contenuti del programma di CQ per la parte analitica dei metodi da utilizzare nella determinazione delle sostanze aerodisperse:

- metodi analitici di riferimento: procedure di misura scritte in dettaglio;
- conservazione del campione: stabilità nelle condizioni di stoccaggio e possibili interferenze;
- capacità di recupero delle sostanze da determinare: efficienza di deadsorbimento, solubilizzazione per confronto con campioni tarati (aggiunte standard, "marcati");
- intervallo analitico di lavoro e sensibilità: utilizzo di standard di riferimento per la costruzione di curve di calibrazione con livelli di concentrazione che comprendano quelle dei campioni reali, utilizzo di standard interni;
- analisi dei bianchi: bianchi dei reattivi, bianchi dei substrati di raccolta, bianchi di campo(contributo della manipolazione subita dal campione, del trasporto, delle modalità di conservazione);
- valutazioni intra ed interlaboratoriali delle prestazioni del metodo utilizzato: campioni ciechi, circuiti tra laboratori di riferimento, campioni certificati.

Presentazione dei risultati

Il rapporto finale deve fare riferimento allo specifico metodo utilizzato; riportare ogni

eventuale deviazione o speciali circostanze intervenute durante le analisi, la data dell'analisi ed i risultati.
NIOSH ed OSHA si differenziano per quanto riguarda la definizione di due parametri che necessariamente devono comparire nel documento di presentazione dei dati: il Limite di Determinabilità (LDD o LOD - Limit of Detection) ed il Limite di Quantificazione (LDQ o LOQ - Limit of Quantitation).
L'LDD è definito dal NIOSH come la più piccola quantità di analita che può essere distinta dal segnale di fondo ed è assunta equivalente ad un segnale pari a tre volte la deviazione standard del segnale di fondo.
L'LDQ è la massa di analita al di sopra della quale la precisione dei risultati riportati è migliore di uno specifico livello. Il NIOSH definisce la Concentrazione Minima Quantificabile del metodo come la concentrazione in aria che si avrebbe se, campionando per otto ore al flusso massimo consentito dal metodo, si raccogliesse una quantità in massa pari al LDQ.
L'OSHA, per la determinazione dell'LDD si riferisce alla IUPAC; descrive una procedura che si avvale della preparazione di sei campioni addizionati a basse concentrazioni di analita e di altrettanti campioni bianchi ed applica la seguente equazione:

$$Cld = k\,(sd) / m$$

dove:
Cld: è la più piccola concentrazione determinabile da uno strumento analitico con uno specifico livello fiduciario;
k: fattore uguale a 3 (limite qualitativo) o 10 (limite quantitativo) che fornisce uno specifico livello di fiducia tale che ogni segnale determinabile sia maggiore o uguale al valore medio dei bianchi più 3 o 10 volte la deviazione standard dei bianchi stessi;
sd: la deviazione standard dei bianchi;
m: la sensibilità analitica o la pendenza calcolata dalla regressione lineare costruita con una serie di standard per coprire l'intero intervallo analitico.
Per l'OSHA l'LDQ dovrebbe essere inferiore a 0,1 volte il limite d'esposizione consentito.
I valori di LOD e LDQ sono citati come termini fondamentali nei rapporti di misura dell'esposizione ad agenti cancerogeni secondo quanto disposto dal Titolo VII del D.Lgs. 626/94 (3).

Metodiche Europee

Particolare attenzione merita l'attività di normazione, in materia di qualità e metodi standard per la determinazione delle sostanze chimiche aerodisperse negli ambienti di lavoro, sviluppata dallo European Committee for Standardization (CEN) tramite gli esperti del Technical Committee 137, che negli ultimi anni ha promulgato diverse Norme Europee (EN).
La prima EN di rilevanza per gli ambienti di lavoro è la EN 482/94 : *Workplace atmospheres. General requirements for the performance of procedures for the measurement of chemical agents* - che definisce i requisiti generali di *performance* delle procedure per la misura degli agenti chimici negli ambienti di lavoro fissando, in particolare, quella che è stata definita "l'incertezza globale" di una misura e, in funzione degli scopi che la misura si prefigge, una specifica dei requisiti di *performance* che la misura deve garantire.
L'incertezza globale , che racchiude in un'unica formula accuratezza, precisione ed errori siste-

matici, è "una quantità usata per definire l'incertezza complessiva di un risultato fornito da uno strumento o procedura di misura ; è espressa su base relativa da una combinazione d'errori sistematici e precisione":

$$I.G. = \frac{I\, x - x_{ref}\, I + 2S}{x_{ref}}$$

dove:
x: è il valore medio dei risultati di un numero (>/= 6) di misure ripetute;
x_{ref}: è il valore "vero" o accettato come di riferimento della concentrazione;
S: è la DS di "n" misure (n >/= 6).

La norma riporta le specifiche dei requisiti di *performance*, in funzione dello scopo delle misure, utile alla definizione di una strategia di campionamento ed alla valutazione dei dati emersi dalle misure eseguite; in una tabella sono indicate l'incertezza globale, il minimo intervallo di misura, il tempo medio di misura.
La EN 482/94 è stata la "madre" di una serie di norme che, con l'obiettivo di rispondere ai requisiti di *performance* in essa contenuti, hanno definito le caratteristiche degli strumenti e dei substrati di campionamento da utilizzare nelle misure degli inquinanti chimici negli ambienti di lavoro; essi riguardano sia i campionamenti tradizionali con utilizzo di pompe che i sistemi a diffusione ormai entrati a pieno titolo e diritto nelle metodiche ufficiali.
Un'altra direttiva fondamentale per la misura dell'esposizione ad agenti chimici è la 689/95 " Workplace atmospheres - Guidance for the assessment of exposure by inhalation to chemical agents for comparison with limit values and measurements strategy"; in questa norma, recepita anche come norma UNI, vengono indicati i processi decisionali e le metodologie utili per misurare le concentrazioni degli agenti chimici aerodispersi, confrontare l'esposizione inalatoria degli operatori con i valori limite, consentire la confrontabilità dei dati nel tempo, definire la periodicità delle misure.
I contenuti della EN 689/95 presentano una sequenza logica applicativa per il perseguimento dell'obiettivo di misura attendibile dell'esposizione professionale di un gruppo omogeneo:

- disamina delle informazioni fornite dal datore di lavoro e loro integrazione;
- identificazione dei gruppi omogenei d'esposizione (GOE);
- valutazione "qualitativa" dell'esposizione in termini di non accettabile, incerta, significativa, non significativa;
- scelta del numero di misure dell'esposizione perché siano attendibili;
- rappresentatività del campionamento;
- durata del campionamento;
- metodiche di campionamento ed analisi;
- modulistica di campionamento;
- report dei dati (presentazione);
- valutazione dell'osservanza dei TLV;
- analisi statistica dei risultati;
- valutazione dell'esposizione ai fini della frequenza delle misure periodiche.

Le due EN citate (482/1994 e 689/1995) demandano necessariamente ad altre norme, pubblicate negli anni successivi, che definiscono in modo specifico le caratteristiche degli "strumenti" a cui le due norme rimandano soprattutto per la fase a "maggior incertezza" delle metodiche per la misura dell'esposizione ad agenti chimici: la fase del campionamento.

Indicazioni CEN per la scelta delle metodiche

L'attività di normazione, in materia di qualità e metodi standard per la determinazione degli agenti chimici e biologici aerodispersi negli ambienti di lavoro, è stata sviluppata dallo European Committee for Standardization (CEN) tramite gli esperti del Technical Committee 137 che negli ultimi anni hanno promulgato le Norme Europee (EN) sopra citate ponendo particolare attenzione ad alcuni requisiti quali la selettività, l'influenza dei parametri microclimatici ambientali, i principi e le caratteristiche di funzionamento.
Rimandando al testo del "*Draft European Standard*: "Workplace Atmospheres - Guide for the application and use of procedures and devices for the assessment of chemical and biological agents" per l'eventuale approfondimento, di seguito si vogliono riassumere le indicazioni che l'igienista industriale dovrebbe valutare per la scelta delle procedure, l'installazione, l'uso e la manutenzione di strumenti per la determinazione della concentrazione di agenti chimici o biologici nell'aria degli ambienti di lavoro.

Selettività: molti sistemi e strumenti di misura non sono sensibili ad uno specifico agente chimico o biologico per cui la presenza di altri agenti può influenzare il valore della misura; nel caso il sistema o lo strumento siano impiegati per la misura di più di un agente la sua calibrazione deve tener conto di ciò.
I requisiti di selettività possono variare da caso a caso in funzione della composizione dell'aria da campionare: se la composizione non è a priori nota il sistema o metodo di misura dovrebbe avere un'elevata selettività in accordo con l'incertezza globale prevista dalla EN 482; se la composizione è a priori nota il sistema o metodo di misura può avere una selettività inferiore assumendo che il valore determinato è imputabile all'agente da misurare e che la presenza di altri inquinanti non influenzi negativamente il risultato. I costruttori della strumentazione dovrebbero indicare nel manuale informativo le interferenze note.

Influenza dei parametri ambientali: il sistema o lo strumento utilizzato dovrebbero rispondere ai requisiti di "performance" di questo standard quando le condizioni ambientali sono entro questi tipici valori: temperatura da 5 a 40 °C; pressione fra 95 e 110 Kpa; umidità relativa fra 20 e 90 %; velocità dell'aria fra 0,5 e 4 m/s.

Principi e caratteristiche operative: la proposta di norma fornisce una breve descrizione dei sistemi di misura e dei parametri di risposta utilizzati per la determinazione di agenti chimici e microbiologici.
I requisiti di *"performance"* richiesti per la determinazione degli inquinanti chimici aerodispersi negli ambienti di lavoro sono poi approfonditi nelle EN specifiche per classi di strumenti: EN 838: campionatori a diffusione; EN 1076: fiale adsorbenti per gas e vapori; EN 1231: fiale rivelatrici per campionamenti brevi; EN 1232: pompe per campionamenti personali; prEN 12919: pompe con portata superiore a 5L/min; prEN 13098: misura di micro-organismi ed endotossine aerodisperse; prEN: strumenti per la misura delle concentrazioni di particelle aerodisperse; pre standard: misura di agenti chimici presenti come miscele di particelle e vapori.
Di seguito si riportano in sintesi i contenuti di alcune delle EN citate.

Workplace atmospheres - Requirements and test methods for diffusive samplers for the determination of gases and vapours (EN 838/1995).
Definisce i requisiti di *performance* ed i metodi di prova, in condizioni di laboratorio definite, che deve soddisfare un campionatore a diffusione utilizzato per la determinazione di gas e vapori in ambienti di lavoro. Lo scopo di questa norma è di mettere i produttori di sistemi a diffusione nelle condizioni di produrre e commercializzare sistemi che rispondano ai requisiti della EN 482/94 e gli utilizzatori di sapere quali sono i requisiti che devono possedere i sistemi per ottenere dati validi.

La EN è applicabile:
- ai campionatori a diffusione per la lettura diretta (colorimetrica) delle concentrazioni ambientali;
- ai campionatori utilizzati per la determinazione indiretta della concentrazione mediante campionamento ed analisi in fasi successive quali: adsorbimento su solido e deadsorbimento con liquido; adsorbimento su solido e deadsorbimento termico; assorbimento in liquido ed analisi della soluzione (si sta valutando di far rientrare in questa classe i sistemi ad assorbimento/derivatizzazione su substrati supportanti reattivi specifici).

I parametri da validare sono relativi a:
- coefficiente di diffusione;
- effetto della velocità dell'aria con particolare riguardo all'orientamento del sistema di campionamento;
- tempo di risposta;
- intervallo delle concentrazioni di misura;
- interferenti ambientali;
- valori di bianco in funzione dell'applicabilità del sistema;
- conservazione dei campioni;
- valutazione dell'efficienza di deadsorbimento o di recupero dell'analita;
- test di valutazione in atmosfere standard.

Workplace atmospheres - Requirements and test methods for pumped samplers for the determination of gases and vapours (EN 1076/1997).
Definisce i requisiti di performance ed i metodi di prova, in condizioni di laboratorio definite, che deve soddisfare una fiala contenente un substrato solido e la relativa pompa utilizzata per il prelievo dell'aria in ambienti di lavoro ai fini della determinazione della concentrazione di gas e vapori aerodispersi.
La EN è applicabile alle fiale utilizzate per la determinazione indiretta, campionamento ed analisi, dei gas e vapori; le fiale possono esser suddivise in:
- fiale per adsorbimento su solido e deadsorbimento con solvente; in questo caso le fiale sono a due stadi;
- fiale per adsorbimento su solido e deadsorbimento termico; consistono generalmente di un solo stadio di adsorbente.

I parametri da validare sono relativi a :
- volume di breakthrough: volume d'aria che ha attraversato la fiala quando viene determinato, in uscita dalla fiala, il 5% della concentrazione in ingresso (che è definita);
- volume di ritenzione per composti specifici rappresentativi delle caratteristiche chimico-fisiche di classi di sostanze;
- resistenza al flusso di campionamento;
- efficienza di deadsorbimento per classi di sostanze: > 75 % con solventi e > 95 % per via termica;
- carico massimo d'inquinante sul substrato;
- modalità di stoccaggio;
- valori di bianco in funzione dell'applicabilità del substrato (fondo rispetto alla concentrazione da determinare);
- test di valutazione in atmosfere standard.

Workplace atmospheres - Requirements and test methods for pumps for personal sampling of chemical agents (EN 1232/1997).
Definisce i criteri di *performance* ed i metodi di prova, in condizioni di laboratorio, per le pompe utilizzate per il prelievo di agenti chimici negli ambienti di lavoro. Lo scopo della En è quello di mettere i costruttori e gli utilizzatori nelle condizioni, rispettivamente, di commercializzare e

scegliere pompe con caratteristiche idonee a soddisfare la EN 482/94 per il tipo di determinazione da eseguire, ciò soprattutto in termini di costanza del flusso e misura del volume campionato che, per la fase del prelievo, costituiscono la principale fonte d'errore.
La EN è applicabile:
- alle pompe a batteria utilizzate per i campionamenti personali;
- alle pompe in grado di realizzare flussi d'aspirazione da 5 mL/min a 5 L/min;
- alle pompe normalmente utilizzate per il prelievo di gas, vapori, polveri, fumi, nebbie e fibre.

I parametri da validare sono relativi a :
- costanza del flusso in funzione della perdita di carico: compensazione automatica delle perdite di carico, deviazione fra flusso iniziale e finale non superiore al 5%;
- funzionamento per almeno due ore e preferibilmente per otto ore;
- influenza della temperatura: nell'intervallo da 5 a 40 °C il flusso non deve variare più del 5% del flusso a 20 °C;
- ininfluenza dell'orientamento sul funzionamento della pompa;
- resistenza gli urti;
- istruzioni e destinazione d'uso dettagliate;
- test di verifica.

Workplace atmospheres - Requirements and test methods for pumps for personal sampling of chemical agents with a volume flow-rate over 5 L/min (prEN 12919).
Definisce i requisiti di *performance* ed i metodi di prova, in condizioni di laboratorio definite, che deve soddisfare una pompa da utilizzare per il campionamento di polveri. Lo scopo di questa norma è di mettere i produttori nelle condizioni di garantire il funzionamento di una pompa alimentata a batteria, da utilizzarsi per lo più in postazioni fisse o personali, che risponda ai requisiti della EN 482/94..
La EN è applicabile:
- alle pompe alimentate a batteria con flussi di campionamento compresi fra 5 e 400 L/min;
- a pompe che possono esser utilizzate per campionamenti personali collegando con un tubo il substrato di prelievo, indossato dall'operatore, alla pompa tenuta in posizione fissa;
- a pompe in grado di compensare automaticamente le perdite di carico dovute al particolato depositato sul filtro.

I parametri da validare sono i seguenti:
- costanza di flusso all'aumentare delle perdite di carico per il materiale depositato sul filtro di campionamento;
- le pulsazioni del flusso non devono superare il 10%;
- resistenza agli urti: dopo un urto il flusso non deve variare più del 5% di quello iniziale;
- il tempo di funzionamento garantito deve essere al minimo di due ore e preferibilmente di otto ore;
- influenza della temperatura: nell'intervallo da 5 a 40 °C il flusso non deve variare più del 5% rispetto a quello misurato a 20°C;
- ininfluenza dell'orientamento della pompa sulla costanza del flusso;
- istruzioni e destinazione d'uso dettagliate;
- test di verifica.

Conclusioni

L'applicazione del D.Lgs. 626/94 e comunque la tutela della salute nei luoghi di lavoro comportano frequentemente la misura di agenti chimici aerodispersi; uno degli obiettivi è quello di

verificare il rispetto dei valori limite definiti dalle leggi vigenti, dalla medicina del lavoro, dalla tossicologia nonché l'applicabilità ed in che misura, di norme premiali: da questo processo di valutazione possono derivare interventi di notevole peso giuridico, sociale ed economico per cui è importante che tale giudizio venga dato sulla base di misure esenti da errori sistematici e con un'incertezza nota stabilita ad un determinato livello di confidenza in funzione dello scopo della misura.
A questo proposito è interessante proporre all'attenzione degli igienisti industriali la linea filosofica che l'Environmental Protection Agency (EPA) ha proposto, in un suo progetto iniziato nel 1997 e di cui si stanno verificando i risultati, sulla scelta del metodo di determinazione in funzione dell'obiettivo; il progetto denominato "Performance-based measurement systems (PBMS)" pone come obiettivo primario la qualità dell'informazione ricavabile dalle misure piuttosto che la qualità del dato analitico (4). L'igienista industriale può trovarsi nelle condizioni di dover scegliere fra l'eseguire una sola misura molto precisa ma costosa oppure, allo stesso costo, più misure meno precise; la scelta dovrà esser fatta in funzione delle informazioni che si vogliono ottenere dall'indagine, anche a scapito della precisione del dato. Sebbene questa linea filosofica possa sembrare in contraddizione con le tendenze europee di precisione in realtà ribadisce la necessità di definire a priori lo scopo delle misure e la loro "incertezza globale tollerabile" rispetto alle informazioni ricavabili. Non si può non intuirne i numerosi vantaggi anche per la misura dell'esposizione professionale negli ambienti di lavoro ma, contemporaneamente, emerge l'esigenza di formare ed aggiornare professionisti in grado di compiere le relative scelte strategiche.

BIBLIOGRAFIA

D. Smith, M.L. Bolyard, P. Eller: NIOSH, Manual of Analytical Methods Edition 15/8/1994 (6 - 15).

Evaluation Guidelines - Sampling and Analytical Methods - **OSHA Analytical Methods Manual**, 2d Edition, January 1990.

Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome: Linee Guida per l'Applicazione del D.Lgs. 626/94. Regione Emilia Romagna; Azienda USL di Ravenna. (1996); 419 - 524.

"Performance-based measurement systems (PBMS)"; Evaluation of approches to improve the quality and cost-effectivenessof environmental monitoring. **Final report for USEPA/ACS** cooperative agreement CX-825780-01-0. ACS, Washington D.C., maggio 2000.
(Internet:www.acs.org/government/pubblications/index.html)

Tutte le norme EN citate nel testo

LA VARIAZIONE DEL RISCHIO ASSOCIATO ALL'INQUINAMENTO DA PB IN AREE URBANE A SEGUITO DELL'INTRODUZIONE DELLE BENZINE "VERDI": IL CASO DELLA ZONA DI VILLA PAMPHILI (ROMA)

R. Salzano, A. Taddeucci*, P. Tuccimei**
* Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università "Roma Tre" di Roma - Lavoro svolto in convenzione con l'INAIL

RIASSUNTO

E' stato studiata la variazione in senso spaziale e temporale del contenuto in piombo immesso nell'aria dai gas di scarico delle autovetture, in un'area verde urbana interessata da intenso traffico (Villa Doria Pamphili, Roma), utilizzando la possibilità di datare, attraverso i processi di decadimento del ^{137}Cs e ^{210}Pb, i suoli ed i sedimenti in cui questo elemento nocivo si è andato accumulando. Si è messa in evidenza la diminuzione della concentrazione del piombo negli ultimi 15 anni, probabilmente dovuta all'avvento delle benzine "verdi"; si è inoltre osservato come i fattori topografici ed ambientali siano responsabili della maggiore o minore deposizione del piombo nei suoli. Da ciò si evince come sia importante prestare attenzione all'esposizione degli edifici (specie quelli pubblici) nel corso della pianificazione urbana.

Introduzione

In ambiente urbano la presenza di piombo, inquinante prodotto dai gas di scarico delle automobili, è notoriamente nociva per chi ivi vive e lavora.
Gran parte del piombo presente nell'atmosfera è prodotto dall'uomo: Nriagu (1978) ha stimato che nel 1974 vi sono state immesse circa 456000 tonnellate di Pb, il cui 96% è di natura antropica. La concentrazione del piombo nell'atmosfera è aumentata da 0.6 ng/m^3 dell'epoca preindustriale a 3.7 ng/m^3 d'oggi. La concentrazione nelle città è di tre ordini di grandezza maggiore (0.5- 10 µg/m^3).
Solo in questi anni, con un ritardo di circa 10 anni rispetto a Stati Uniti e Giappone, gli organi legislativi europei ed italiani si sono mossi verso una riduzione dei consumi di carburanti "tradizionali", contenenti piombo tetraetile come additivo antidetonante, che culminerà con la definitiva scomparsa della benzina "super", in Italia, il 1/1/2002 (vedi Fig. 1 a pagina seguente).

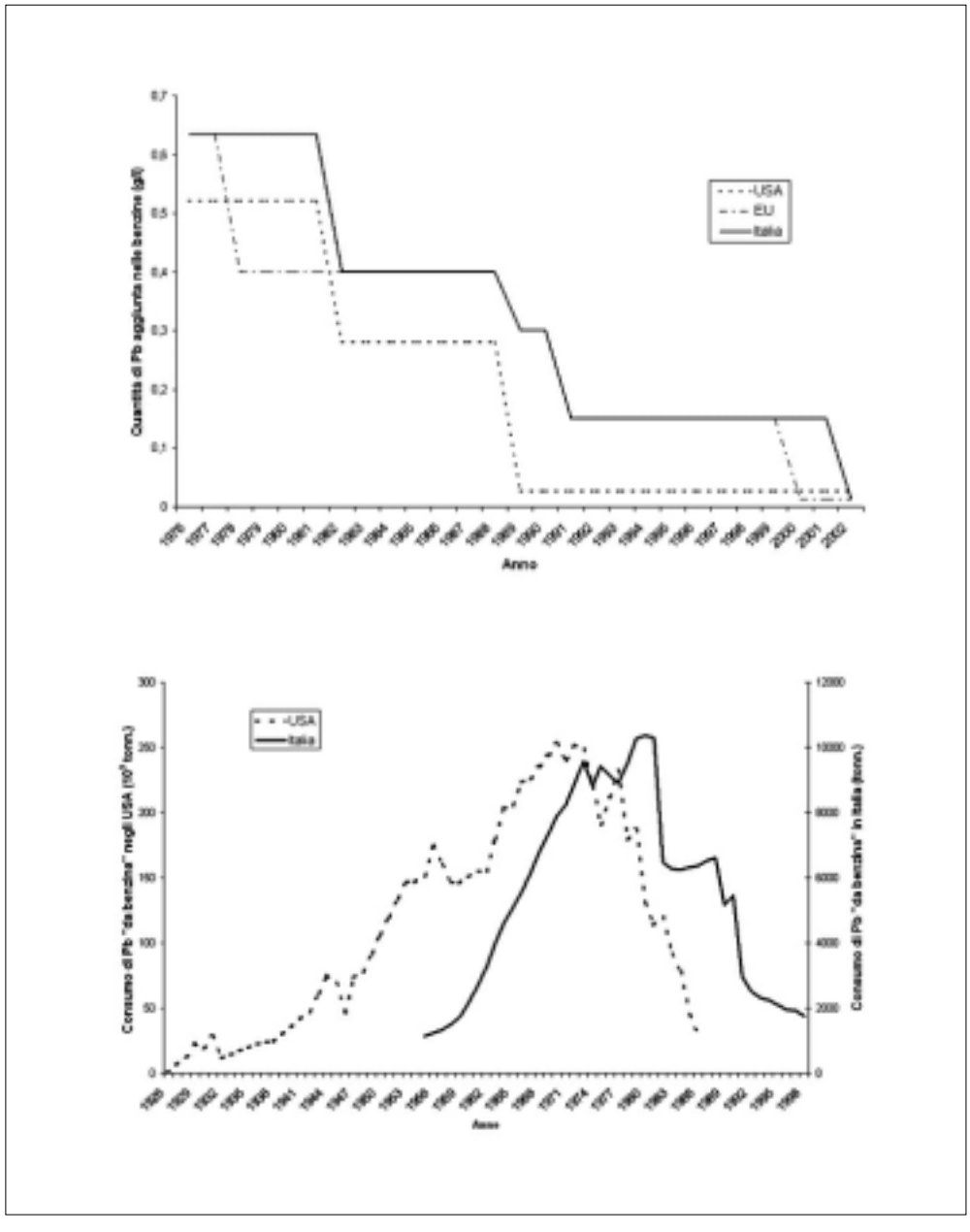


Fig. 1: Confronto tra i consumi di Pb (sotto) e tra le quantità di piombo aggiunte nelle benzine (sopra). [Dati tratti da Nriagu (1978)].

La località di studio

La situazione presa in esame è quella di Villa Doria Pamphili, un'area verde situata in prossimità del centro di Roma, che è attraversata da un'arteria stradale (Via Leone XIII) ad alto flusso di traffico (più di 50.000 veicoli al giorno), (vedi Fig.2).

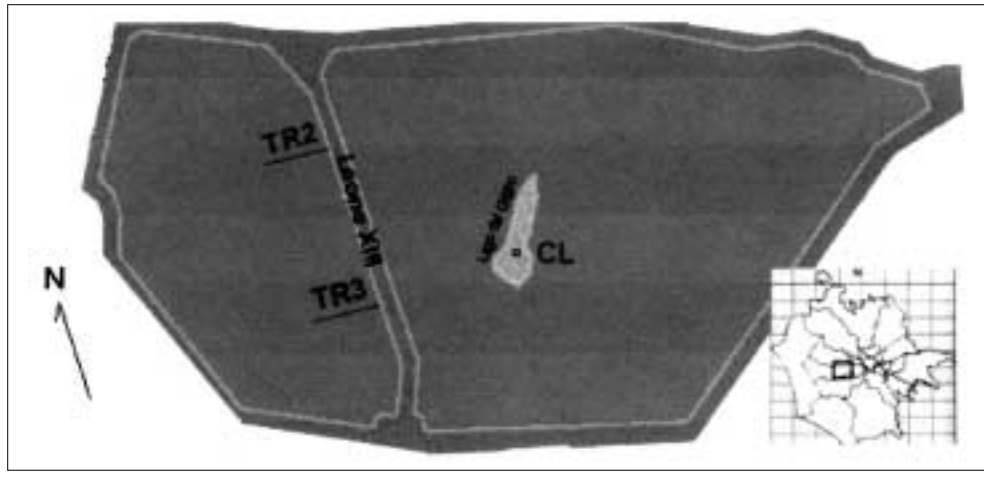


Fig. 2: Localizzazione di Villa Doria Pamphili.

Sono stati prelevati 12 campioni lungo un transetto (TR2) ed altrettanti lungo un altro transetto (TR3) in posizione ortogonale all'arteria ; lungo questi transetti sono stati raccolti i primi 5cm di suolo, ad intervalli variabili dai 2 ai 20 metri, fino ad una distanza di circa 100 m dall'asse stradale. In prossimità della sede stradale, in vicinanza del transetto TR3 sono stati raccolti 12 campioni in una sezione di suolo dello spessore di circa 60 cm (profilo L1), ed altrettanti in un'altra sezione (profilo L2), a circa 10 m di distanza. La frequenza di campionamento, per entrambe le sezioni, è stata di 5cm.
A ciò si aggiungono 6 campioni prelevati, mediante carotiere ad infissione manuale, dai sedimenti del "Lago del Giglio", ad intervalli di 5cm per una profondità totale di 30cm. (carota CL).

I metodi di studio

Le analisi sono state effettuate mediante spettrometria-γ, per la determinazione del ^{137}Cs e del ^{210}Pb, e spettrofotometria di assorbimento atomico (AAS), per la determinazione del contenuto totale di Pb.

I processi deposizionali del piombo

I fattori che controllano i processi deposizionali del Pb nei suoli sono molti e possono essere così raggruppati:

Fattori chimici

a. pH
b. Contenuto e caratteristiche qualitative della sostanza organica (OM)
c. Contenuto di Ca^{2+}
d. Contenuto e natura della frazione argillosa
e. Contenuto di ossidi di Fe e Mn
f. Contenuto di solfati, fosfati, carbonati
g. Capacità di scambio cationico (CEC)

2. Fattori fisici

a. Tessitura
b. Struttura

3. Fattori pedologici

a. Profondità del suolo
b. Natura dei singoli orizzonti del profilo pedologico

4. Fattori ambientali

a. Uso del suolo
b. Esistenza e profondità di una falda freatica
c. Assetto topografico
d. Condizioni climatiche

Alcuni di questi fattori sono stati considerati nel corso del presente studio, perché ritenuti quelli di maggiore importanza (OM, granulometria, composizione della frazione argillosa, fattori podologici ed ambientali).

Il ^{210}Pb

Questo isotopo del piombo fa parte della serie di decadimento radioattivo del ^{238}U. Nei sedimenti e nei suoli, oltre al ^{210}Pb radiogenico, generato dal decadimento del ^{226}Ra già presente nei sedimenti, è presente un'ulteriore frazione di ^{210}Pb, di provenienza "atmosferica" e fissato nei sedimenti stessi, che è il prodotto del decadimento del ^{222}Rn, gas abbondante nell'aria.

Il ^{137}Cs

Questo nuclide è un prodotto della fissione nucleare ed è stato introdotto nell'atmosfera solo in seguito ad esplosioni di ordigni nucleari o ad incidenti (esempio: Chernobyl 1986). Proprio la sua immissione episodica ne fa un ottimo *marker* stratigrafico.

I risultati sperimentali

Lo scopo di questo lavoro è quello di osservare le tracce dell'abbattimento del contenuto di Pb nell'aria, avvenuto in questi anni con l'introduzione delle benzine "verdi", ai fini della valutazione dei rischi pregressi per i cittadini e dei lavoratori che operano sulle strade (ad esempio vigili urbani ed operatori ecologici). La datazione dei sedimenti è ricavata da due

metodi (in modo da avere delle verifiche reciproche) basati sulla deposizione nei sedimenti del ^{137}Cs e del ^{210}Pb presenti nell'aria: la prima tecnica impone l'utilizzo degli episodi di immissione del ^{137}Cs come *marker* stratigrafico; la seconda si basa sul tasso di deposizione del ^{210}Pb "atmosferico".

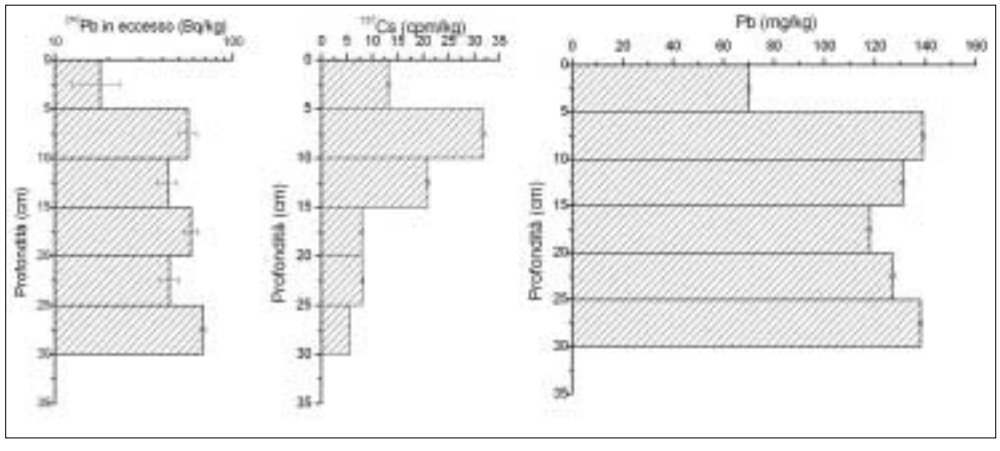


Fig. 3: Variazioni della concentrazione di Pb totale e dell'attività di ^{210}Pb e ^{137}Cs in funzione della profondità nei sedimenti del laghetto.

I risultati sono esposti in Fig.3. Il picco di attività del ^{137}Cs è la testimonianza dell'incidente di Chernobyl del 1986, quindi la deposizione del livello compreso tra 5 e 10 cm è avvenuta attorno all'anno 1986. Stimando attraverso questi dati un tasso di sedimentazione costante di 0.5 cm/anno, la piccola gobba tra 20 e 25cm rappresenterebbe il residuo dell'immissione di ^{137}Cs prodotta dai test nucleari franco-cinesi degli anni '60. La seconda tecnica purtroppo risente della natura litologica dei sedimenti: si tratta, infatti, di prodotti vulcanici con alto contenuto di ^{226}Ra che non permettono di determinare in maniera esatta la quantità di ^{210}Pb "atmosferico" che eccede rispetto al *background* dei sedimenti. L'unica osservazione che si può effettuare per ora è che il tasso di deposizione del ^{210}Pb non è stato costante nel tempo. Il risultato è molto incoraggiante nonostante non sia stato possibile campionare i sedimenti con più dettaglio; infatti nel complesso **si può osservare come il contenuto di Pb sia diminuito nei sedimenti, e quindi nell'aria, del 49% negli ultimi 15 anni.**

Lo studio della relazione tra alcune caratteristiche chimiche ed il contenuto di Pb nei suoli ha permesso di evidenziare come, in questi, i processi chimici siano controllati soprattutto dalla sostanza organica; infatti il 60-70 % del piombo è stato fissato nei primi 15cm del profilo dove la OM è più abbondante.

I risultati delle analisi sui materiali prelevati dai due transetti rendono più evidente l'influenza

della distanza dall'asse stradale e delle caratteristiche ambientali sulla deposizione del piombo.(Fig.4).

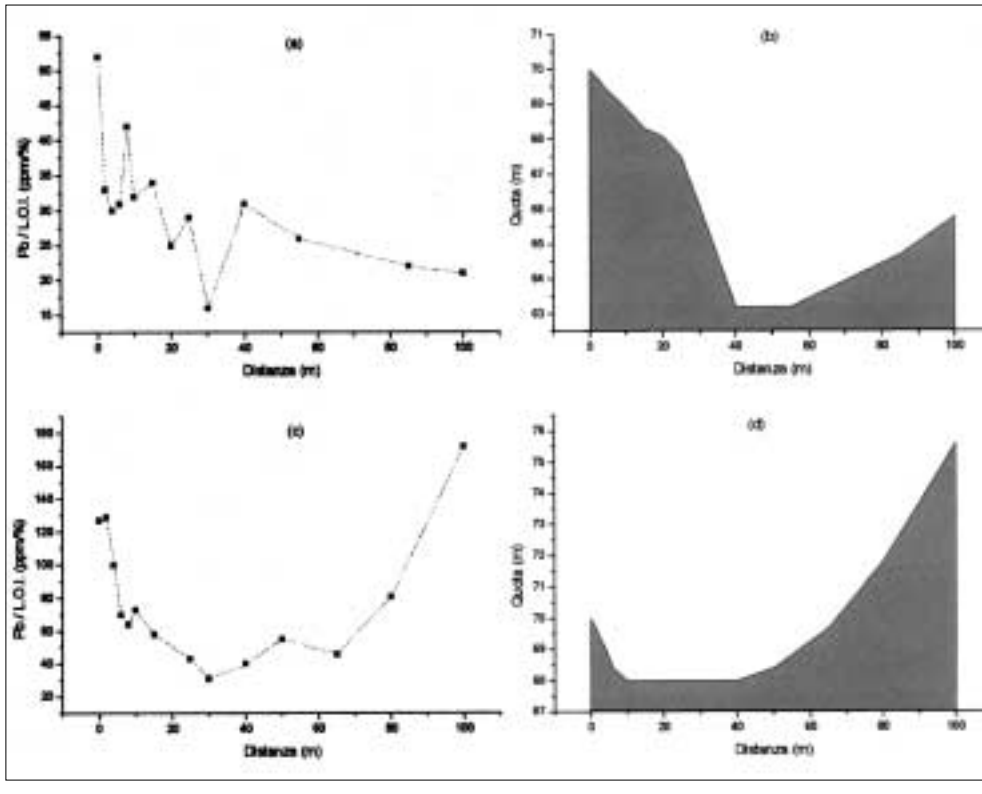


Fig.4: Concentrazione del piombo normalizzato rispetto alla LOI (indicatore della OM) in funzione della distanza dall'asse stradale nel transetto TR3 (a,b) e nel transetto TR2 (c,d).

Le osservazioni che si possono trarre dall'andamento della concentrazione del Pb nei due transetti sono:

a. I campioni del transetto TR2 hanno un contenuto di Pb, maggiore di quelli del TR3.
b. Il tenore di piombo diminuisce con la distanza dall'asse stradale, tranne che per i campioni del transetto TR2 distanti dalla strada 80 e 100 metri.

La prima osservazione concorda con quelle sperimentali di Habibi (1973): l'emissione del particolato di piombo è maggiore quando la macchina è in fase d'accelerazione o è lanciata ad alta velocità (tratto del transetto TR2), ed è ridotto quando il veicolo è fermo o viaggia a velocità limitata (tratto del transetto TR3).
La seconda osservazione viene spiegata dalla topografia: la parte più distale del transetto insi-

ste su una collina esposta generalmente sottovento: l'assenza di ostacoli morfologici o arborei fa quindi sì che vengano deposte al suolo quantità di piombo maggiori rispetto alla parte più prossimale e più riparata.

Conclusioni

I risultati di questo studio appaiono particolarmente significativi e confermano la validità dell'approccio seguito. C'è rispondenza, infatti, sia dai dati misurati nei sedimenti, dove **è evidente la riduzione del contenuto di Pb negli ultimi 15 anni,** sia da quelli misurati nei suoli, dove la quantità di piombo diminuisce generalmente con la distanza dalla sede stradale. Si è poi osservato che i campioni distali di un transetto hanno un tenore in piombo molto alto, e che ciò è dovuto all'effetto topografico ed all'azione dei venti; è necessaria quindi una particolare riflessione sulla sistemazione e l'architettura delle aree verdi urbane, nonché sull'esposizione verso le strade di edifici di pubblica importanza (scuole, ospedali etc.).
Studi di questo tipo possiedono una grossa potenzialità, particolarmente dovuta alla scarsità dei dati finora raccolti in Italia. Un'estensione, sia quantitativa che qualitativa di questi dati, permetterebbe:

- il miglioramento delle conoscenze sui meccanismi deposizionali del piombo presente nell'aria.
- un'analisi comparativa del comportamento di Pb, Zn e Cd, già oggetto di molti studi, nei confronti di altri inquinanti oggi emessi dalle auto e meno studiati (PM10, platinoidi,), il che potrebbe favorire la prevenzione da questo rischio.
- la realizzazione di un *data base* storico in varie città (es.: Milano)
- **la limitazione del rischio-salute per i cittadini (architettura delle aree verdi urbane e collocazione ed esposizione di edifici pubblici [scuole, ospedali etc.]).**
- **Una definizione più precisa dell'anno in cui si è ridotta l'esposizione degli lavoratori al piombo presente nell'aria.**

BIBLIOGRAFIA

Appleby P.G. & Oldfield F.: (1992). "Application of lead-210 to sedimentation studies" in Ivanovich M. "Uranium-series disequilibrium", Clarendon Press, Oxford, pag. 731-742.

A.N.P.A.: (1992) "Rapporto annuale sulla radioattività ambientale in Italia 1992". Reti nazionali vol. I.

Branca M. & Voltaggio M.: (1993). "Erosion rate in badlands of central Italy: estimation by radiocaesium isotope ratio from Chernobyl nuclear accident". Appl.Geochem., vol. 8 pag. 437-445.

Habibi K.: (1973). "Characterization of particulate matter in vehicle exhaust". Environ. Sci. Technol, vol. 7 pag. 223-234.

Lee S. et al.: (1998). "Adsorption characteristics of lead onto soils". J. Hazardous Mater., vol. 63 pag. 37-49.

Nriagu J.O.: (1978). "The biogeochemistry of lead in the environment (Part A)" ed. J.O. Nriagu, Elsevier, Amsterdam.

Persicani D.: (1988) "Radiocontaminazione da cesio dopo Chernobyl, l'adsorbimento di ^{137}Cs in alcuni suoli italiani" Ambiente Risorse Salute, vol. Luglio-Agosto 1998 pag. 25-27.

Sauvé S. et al.: (1997). "Speciation of lead in contaminated soils" Environ.Poll., vol. 98(2) pag. 149-155.

White R.E. (1997): "Principles and practice of soil science". Blackwell Science, Cambridge 1997.

IPOTESI DI UN POSSIBILE NESSO ETIOLOGICO TRA NEOPLASIE VESCICALI ED ESPOSIZIONE AD ISOCIANATI.

P. Crescenza, R. Attimonelli***

* INAIL - Direzione Regionale Puglia - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

** Sovrintendenza Medica Regionale Puglia

RIASSUNTO

In seguito all'avvio di un progetto della Direzione Regionale Puglia concernente la raccolta di casi di neoplasia denunciati, particolare attenzione è stata dedicata alle neoplasie vescicali, tra le quali hanno assunto rilevanza significativa quattro casi, due dei quali occorsi a lavoratori dell'industria chimica e i restanti a falegnami artigiani, tutti accomunati da una pluriennale esposizione professionale ad isocianati in assenza di esposizione ad ammine aromatiche cancerogene. Tale osservazione ha suggerito l'opportunità di un maggior approfondimento del ruolo svolto dagli isocianati come possibili agenti eziologici della patologia neoplastica dell'apparato urinario, in seguito ad alcune considerazioni sul chimismo degli isocianati, in base alle quali l'esposizione ad MDI e ancor più al TDI, per la sua maggiore volatilità, potrebbe comportare, a seguito della loro inalazione, la presenza nell'organismo sia del DDM sia dell'isomero 2,4 del MTD, sostanze che la IARC classifica entrambe al gruppo 2B definendole quindi possibili cancerogeni per l'uomo.

Premessa

In seguito all'avvio di un progetto della Direzione Regionale Puglia concernente la raccolta di casi di neoplasia denunciati, in previsione della creazione di un osservatorio interno relativo alle situazioni di probabile origine professionale, particolare attenzione è stata dedicata alle neoplasie vescicali, tra le quali hanno assunto rilevanza significativa quattro casi, due dei quali occorsi a lavoratori dell'industria chimica e i restanti a falegnami artigiani, tutti accomunati da una pluriennale esposizione professionale ad isocianati in assenza d'esposizione ad ammine aromatiche cancerogene. Tale osservazione ha suggerito l'opportunità di un maggior approfondimento del ruolo svolto dagli isocianati come possibili agenti eziologici della patologia neoplastica dell'apparato urinario.
In particolare i primi due casi, sono relativi a lavoratori, ambedue fumatori di non oltre 10 sigarette il giorno, che per oltre dieci anni hanno operato, con mansioni diverse, sull'impianto di sintesi del 4,4'metilendifenildiisocianato (MDI). L'impianto in argomento opera a ciclo chiuso, e le misure ambientali hanno evidenziato concentrazioni di MDI $\leq 0{,}05$ mg/m^3, valore sovrapponibile all'attuale TLV-TWA proposto dall'A.C.G.I.H. (American Conference of Gouvernmental Industrial Hygienists) e pari a 0,051 mg/m^3.
I restanti casi riguardano falegnami artigiani, caratterizzati da attività pluriennali di verniciatura a spruzzo con prevalenza di vernici poliuretaniche, e conseguente inalazione di isocianati. Infatti, le vernici poliuretaniche, basate sulla reazione degli isocianati con polialcoli, sono caratterizzate dal contenere quantità variabili del monomero (isocianato) che ne determina la principale fonte di rischio. Per questa ragione sia in Germania che in Inghilterra le associazioni di produttori di vernici poliuretaniche si sono autoimposte concentrazioni limite di monomero pari allo 0,70 % (17).

Gli isocianati: gli impieghi, le proprietà, l'inquinamento

Tra le attività che potenzialmente espongono a rischio d'inalazione di isocianati annoveriamo:
1) produzione isocianati. In Italia la produzione di isocianati si accentra in due importanti stabilimenti petrolchimici, in particolare si produce MDI presso l'EniChem di Brindisi ed il TDI toluendiisocianato (TDI) presso l'EniChem di Porto Marghera;
2) produzione espansi poliuretanici sia rigidi (produzione di giocattoli, arredi, tappezzerie per l'industria automobilistica, ecc.), sia flessibili (impiego come isolanti termici ed acustici);
3) produzione resine e vernici poliuretaniche, impiegate per la verniciatura di legno, metallo e plastica;
4) produzione elastomeri;
5) impiego di adesivi ed agglomerati poliuretanici in fonderia;
6) applicazione spray di schiume poliuretaniche;
7) applicazione di vernici poliuretaniche sia con aerografo sia a pennello.

Gli isocianati sono composti organici di sintesi che presentano sulla molecola uno o più gruppi funzionali isocianici (— N = C = O). Gli isocianati sono composti molto reattivi, caratterizzati da odore pungente e tra essi quelli aromatici bifunzionali sono di interesse industriale. In particolare gli isocianati aromatici possono presentarsi allo stato liquido o solido e tra essi i diisocianati risultano meno reattivi dei derivati alifatici.
Tra i diisocianati aromatici commercialmente più importanti annoveriamo sia la miscela degli isomeri 2,4 e 2,6 del toluendiisocianato, entrambi indicati genericamente con l'acronimo (TDI), composti liquidi, di odore pungente, ed il difenilmetano 4,4' diisocianato anche indicato con l'acronimo (MDI), composto solido, facilmente fusibile (18).
Elenchiamo nella tabella che segue le principali caratteristiche fisiche dei due isocianati di maggior interesse:

Principali proprietà di alcuni tra i più usati isocianati

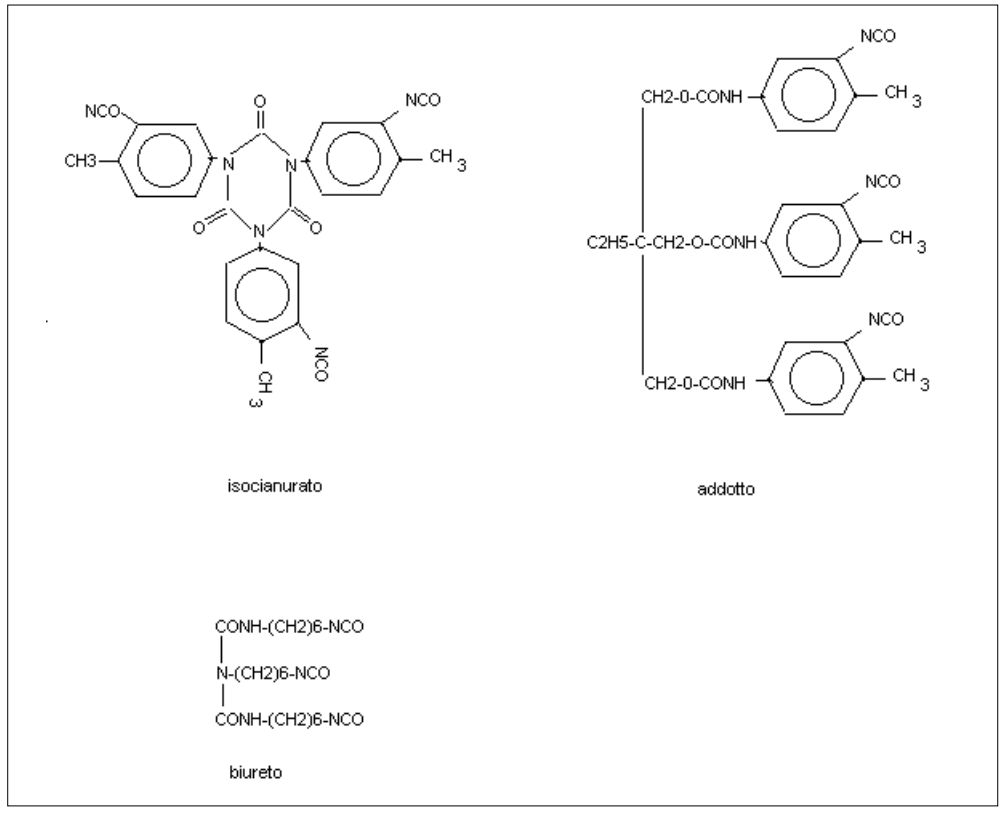
PROPRIETA'	2,4 TDI	MDI
Punto di fusione	21,8 °C	37,2 °C
Punto di ebollizione	251 °C a 760 mmHg	194 °C a 5 mmHg
Tensione di vapore	0,01 mmHg a 25°C	0,001mmHg a 50°C
Soglia olfattiva	0,17 ÷ 2,0	-

L'esposizione professionale ad isocianati avviene principalmente per inalazione di vapori ma anche di aerosol costituiti da nebbie o polveri in funzione delle caratteristiche del particolare isocianato e delle tecniche di applicazione e/o impiego di tali prodotti. Dalla letteratura tecnica risulta che la frazione respirabile delle goccioline di liquido, che costituiscono le nebbie, tendenzialmente si deposita nei polmoni in misura maggiore rispetto alle polveri.
La diffusione di polveri, caratterizza particolarmente la tecnica di applicazione con aerografo. La letteratura tecnica riporta che le polveri generate nel corso delle applicazioni con tecnica spray risultano costituite, in misura preponderante, da particelle poliuretaniche, caratterizzate da un contenuto medio di monomero MDI compreso nell'intervallo 3 ÷ 20% (17).
La tensione di vapore dello specifico isocianato, a temperatura ambiente, condiziona notevolmente la possibilità di inalare sotto forma di vapori il composto in esame, determinando così, durante l'impiego, un maggior rischio per il TDI, molto più volatile del MDI.
In particolare, con l'impiego delle vernici poliuretaniche in falegnameria, si é sempre eviden-

ziato un consistente rischio di inalazione di isocianati (17). Infatti, l'applicazione di vernici poliuretaniche determina la formazione di un film continuo, protettivo, sul manufatto, grazie ad una reazione di policondensazione che coinvolge un poliisocianato ed un polialcool:

$$_nOCN\text{-}R\text{-}NCO + {}_nHO\text{-}R'\text{-}OH \Rightarrow OCN\text{-}(R\text{-}NHCOO\text{-}R')_n\text{-}OH$$

Gli isocianati impiegati nella produzione di vernici poliuretaniche non possono essere utilizzati come monomeri, per la pericolosità legata alla loro tensione di vapore. A ciò si rimedia riducendo la tensione di vapore a seguito di una prepolimerizzazione che, producendo una parziale condensazione, incrementa il peso molecolare.
In genere si ricorre alla reazione del monomero con trimetilolpropano, generando un addotto, o con acqua, generando biureto o ancora alla trimerizzazione, producendo un isocianurato (3).



La prepolimerizzazione, pur riducendo il tenore di monomeri liberi, non elimina completamente il rischio sussistendo comunque quantità apprezzabili di monomero non reagito.
Le vernici poliuretaniche si presentano, all'atto dell'impiego, composte di due parti, il prepolimero poliisocianico in soluzione di etile o butile acetato al 30 ÷ 40 % ed il polialcool, costituito da una resina alchidica, al 40 ÷ 50 % in solventi aromatici, chetoni ed esteri.
Le due componenti sono miscelate al momento dell'uso, con apposite pistole, per l'applicazio-

ne spray, ed iniziano la reazione di policondensazione che si completa dopo l'applicazione e l'evaporazione del solvente. Da quel momento inizia il *"pot-life"* o tempo utile per il completamento della polimerizzazione, che varia da poche ore a qualche giorno. Durante tale periodo è possibile inalare vapori di isocianati. Se si considera che la soglia olfattiva del TDI e di altri isocianati è molto superiore al TLV-TWA, si comprende la necessità di adottare idonei sistemi di captazione vapori ed aerosol per evitare fenomeni irritativi.

Considerazioni igienistiche

Gli isocianati attualmente non risultano considerati tra gli oncogeni certi per l'uomo, infatti la International Agency for Research on Cancer (IARC) classifica, gli isomeri 2,4 e 2,6 del toluendiisocianato nel gruppo 2B, cioè possibile cancerogeno per l'uomo ed il 4,4' metilendifenildiisocianato al gruppo 3 cioè tra le sostanze per le quali non si dispone di sufficiente evidenza di azione cancerogena (6,7,8,9).
A tale riguardo si ritiene opportuno esaminare il chimismo di tali composti (3).
Tanto l'MDI che il TDI sono sostanze che, in misura diversa, reagiscono con composti contenenti un atomo di idrogeno attivo e pertanto, in presenza di acqua, già a temperatura ambiente, reagiscono secondo il seguente schema:

α)

$$H_2O + MDI \Rightarrow CO_2 \uparrow + DDM \text{ (4,4' diamminodifenilmetano)}$$

$$H_2O + \text{2,4 e 2,6 TDI} \Rightarrow CO_2 \uparrow + \text{2,4 e 2,6 MTD (2,4 diamminotoluene)}$$

Le reazioni sopra riportate sono impiegate per la preparazione delle schiume poliuretaniche. In presenza di altre molecole di isocianato l'ammina generata secondo le reazioni sopra riportate, reagisce ulteriormente, producendo uree sostituite, secondo il seguente schema:

β)

$$(DDM + MDI \Rightarrow \text{urea sostituita})$$

$$\text{2,4 e 2,6 MTD} + \text{2,4 e 2,6 TDI} \Rightarrow \text{urea sostituita}$$

Le stesse uree sostituite, in presenza di ambiente acquoso acido, basico o di specifici enzimi, idrolizzano liberando anidride carbonica ed ammine secondo il seguente schema:

γ) Urea sostituita + H_2O

$$\xrightarrow{(H^+)} DDM + CO_2 \uparrow$$

$$\Rightarrow \text{2,4 e 2,6 MTD} + CO_2 \uparrow$$

$$\xrightarrow{(OH^-)} DDM + CO_3^{2-}$$

$$\Rightarrow \text{2,4 e 2,6 MTD} + CO_3^{2-}$$

$$\xrightarrow{\text{enzima}} DDM + CO_2 \uparrow$$

$$\Rightarrow \text{2,4 e 2,6 MTD} + CO_2 \uparrow$$

Considerate le reazioni prima descritte, l'esposizione ad MDI e ancor più al TDI, per la sua maggiore volatilità, potrebbe comportare, a seguito della loro inalazione, la presenza nell'organismo sia del DDM sia dell'isomero 2,4 del MTD, sostanze che la IARC classifica entrambe al gruppo 2B definendole quindi possibili cancerogeni per l'uomo (6,7,8,9).
La ipotizzata presenza delle ammine aromatiche sopra citate negli organismi dei soggetti esposti, trova giustificazione nell'umidità naturale presente nell'apparato respiratorio che, secondo lo schema α) di reazione, sopra riportato, agendo sull'MDI o sulla miscela di isomeri 2,4 e 2,6 TDI genererebbe le ammine aromatiche DDM e la miscela isomerica 2,4 e 2,6 MTD o ancora, secondo quanto riportato nei possibili processi di idrolisi a carico delle uree sostituite, descritti nello schema γ) di reazione. Quanto ora ipotizzato è altresì confermato da recenti studi (4).

Gli isocianati ed i loro effetti tossici

Gli isocianati sono riconosciuti responsabili dell'insorgenza di manifestazioni allergiche a carico dell'apparato respiratorio, sia di reazioni di tipo immediato (asma estrinseco), con meccanismo inquadrabile nel 1° tipo di Gell e Coombs (mediato da anticorpi), sia di alveoliti allergiche estrinseche, con meccanismo inquadrabile nel 3° tipo di Gell e Coombs (mediato da precipitine) (12).
Per quanto riguarda il possibile ruolo cancerogeno, sono stati condotti alcuni studi epidemiologici e sperimentali (2,10,11,13,16) i quali non hanno fornito dati adeguati per valutare la cancerogenicità nell'uomo (4), mentre hanno mostrato evidenza sufficiente per gli animali da esperimento, con manifestazioni neoplastiche a carico del fegato, pancreas (adenomi), tiroide, sottocute (fibromi e fibroadenomi mammari in ratti di sesso femminile), emangiomi ed emangiosarcomi (in topi di sesso femminile) e, per quanto riguarda il solo Diaminodifenilmetano, utero (15). Un recente studio sperimentale condotto su ratti esposti a isotiocianati dopo un pretrattamento con dietilnitrosamina, condotto dall'Università giapponese di Nagoya, ha evidenziato per tali composti un possibile ruolo di fattore promovente la cancerogenesi a carico della vescica (5, 14).

Conclusioni

Quanto sin qui esposto, in particolare la ipotizzata presenza di ammine aromatiche nei liquidi biologici, a seguito del noto chimismo degli isocianati, e la constatazione di alcuni casi di neoplasie vescicali, normalmente attribuite all'azione di ammine aromatiche, in lavoratori esposti agli isocianati, fa ritenere di interesse un ulteriore approfondimento finalizzato all'individuazione di un possibile nesso etiologico.
Nello specifico, si propone di procedere parallelamente con uno studio epidemiologico, selezionando categorie di lavoratori meno soggette a fattori confondenti, quale ad esempio quella dei lavoratori di mobilifici, addetti alla verniciatura, con l'impiego di vernici poliuretaniche, ed uno studio sperimentale, in collaborazione con istituti universitari.

BIBLIOGRAFIA

1) Barale R.: *Cancerogenesi e mutagenesi*. Le Scienze, 134, ottobre 1979, 42-51.

2) Dieter M.P., Boorman, G.A., Jameson C.W., Matthews H.B., Huff J.E.: *The carcinogenic activity of commercial grade toluene Diisocyanate in rats and mice in relation to the metabolism of the 2,4- and 2,6-TDI isomers.* Toxicol. Ind. Health, 1990, 6: 599-621.

3) Giua M.: *Trattato di chimica industriale*, Ed. USES, Firenze, 1976, vol. X, 754-766.

4) Hagmar L., Strömberg U., Welinder H., Mikoczy Z.: *Incidence of cancer and exposure to toluene diisocyanate and methylene diphenyldiisocyanate: a cohort based case-referent study in the polyurethane foam manufacturing industry,* Br. J. Ind. Med., 1993; 50: 1003-1007.

5) Hirose M., amaguchi T., Kimoto N., Ogawa K., Futakuchi M., Sano M., Shirai T.: *Strong promoting activity of phenylethyl isothiocyanate and benzyl isothiocyanate on urinary bladder carcinogenesis in F344 male rats.* Int. J. Cancer, 1998, Aug, 31; 77 (5): 773-7.

6) IARC*: 4,4- Methylenedianiline and its dihydrochloride.* Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, vol. 39, 1986, 347.

7) IARC*: 4,4- Methylenedianiline and its dihydrochloride.* Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, suppl. 7, 1987, 66.

8) IARC*: Toluene diisocyanates.* Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, vol. 71, 1999, 865.

9) IARC*: 4,4-Methylenediphenyl diisocyanate and polymeric 4,4'-methylenediphenyl diisocyanate.* Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, vol. 71, 1999, 1049.

10) IPCS (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. 1987): Environmental Health Criteria 75. *Toluene Diisocyanate.* World Health Organization, 1-72.

11) Loeser E.*: Long-term toxicity and carcinogenicity studies with 2,4/2,6-toluene-diisocyanate (80/20) in rats and mice.* Toxicol. Lett., 1983, 15: 71-81.

12) Mazzella di Bosco M.*: Allergopatie professionali dell'apparato respiratorio***.** Collana di Monografie sulle malattie professionali vol.3, ed. INAIL, 1032-1044.

13) NTP (NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM: *Toxicology and carcinogenesis studies of commercial grade 2,4 (80%) – and – 2,6 (20%)- toluene diisocyanate.* NTP TR 251. National Institute of Environmental Health Sciences, National Institute of Health, Public Health Service, Dept. Of Health and Human Services, Reserch Triangle Park, NC, 1986.

14) Ogawa K., Futakuchi M., Hirose M., Boonyaphiphat P., Mizoguchi Y., Miki T., Shirai T.: *Stage and organ dependent effects of 1-0-hexyl-2,3,5-trimethylhydroquinone, ascorbic acid derivatives, n-heptadecane-8-10-dione and phenylethyl isothiocyanate in a rat mutiorgan carcinogenesis model.* Int. J. Cancer, 1988 Jun 10; 76 (6): 851-6.

15) Richardson M.L., Gangolli S.: *The Dictionary of Substances and their Effects*, Royal Society of Chemistry, (UK), 1993, voll. III, IV.

16) Schnorr T.M., Steenland K., Egeland G.M., Boeniger M., Egilman D.: *Mortality of workers exposed to toluene diisocyanate in the polyurethane foam industry.* Occup. Environ. Med., 1996 Oct; 53 (10): 703-7.

17) Sperduto B., Verdel U.: *Diffusione dell'inquinamento da isocianati nell'industria*, INAIL, Riv. Inf. Mal. Prof., 1982, 3: 314-321.

18) Villavecchia Eigenmann: *Nuovo dizionario di merceologia e chimica applicata*, Ed. Ulrico Hoepli, Milano,1974, vol. IV, 1830-1833.

ALLERGENI DI ORIGINE BIOLOGICA IN AMBIENTI DI LAVORO INDOOR: ASPETTI METODOLOGICI DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

L. Frusteri, P. Iacovacci**, C. Novi*, G. Di Felice**, C. Pini**, M. Maroli***, R. d'Angelo**

* INAIL - Direzione Regionale Campania - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione
** Laboratorio di Immunologia, Istituto Superiore di Sanità.
*** Laboratorio di Parassitologia, Istituto Superiore di Sanità.

Premessa

Negli ultimi decenni, le patologie di natura allergica hanno subito un forte incremento e, tra queste, soprattutto quelle da allergeni indoor. Il fenomeno trova una spiegazione plausibile in diversi fattori, tra cui anche cambiamenti nelle abitudini di vita, un'aumentata percentuale di tempo trascorso in ambienti chiusi (case, scuole, uffici, palestre, cinema, ecc.), abitazioni sempre più protette dagli agenti atmosferici esterni e quindi sempre più "sigillate", abitudine di tenere animali domestici in casa.
Se è già stato ampiamente dimostrato come gli acari della polvere siano coinvolti nella genesi e nello sviluppo di asma e riniti, sempre più numerose sono le segnalazioni sul ruolo svolto anche da altri allergeni indoor, quali i derivati epidermici di animali domestici, le muffe e gli insetti.
In Italia sono state condotte diverse indagini sulla presenza degli acari in ambienti domestici, ma poco si conosce sulla presenza di questi o di altri allergeni in ambienti di lavoro indoor. Tali allergeni, per una serie di caratteristiche ambientali e per il fatto che un lavoratore vi trascorre buona parte della giornata, possono costituire sia un rischio di sensibilizzazione che di induzione di una crisi allergica.
I generi di acari più frequentemente riscontrati nelle polveri domestiche e importanti da un punto di vista allergologico sono *Dermatophagoides*, *Euroglyphus* ed *Acarus.* Negli ultimi anni, sono state studiate e caratterizzate soprattutto le componenti sensibilizzanti del genere *Dermatophagoides* che, con le specie *pteronyssinus* (Fig. 1) e *farinae* risulta essere il più rappresentato nelle nostre abitazioni. Gli allergeni cosiddetti "maggiori" di *D. pteronyssinus* e *D. farinae* sono: Der p 1 e Der f 1, glicoproteine presenti essenzialmente nelle deiezioni fecali, Der p 2 e Der f 2 , estratti dal corpo dell'acaro.

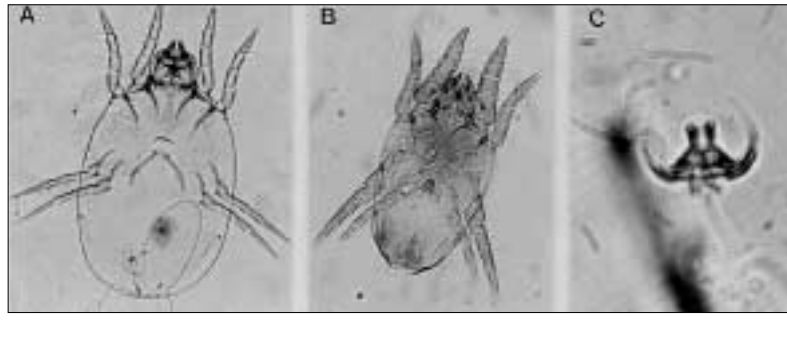


Figura 1: A, femmina; B, maschio; C, spermateca (importante nella diagnosi di specie) di *D. pteronyssinus.*

In alcuni Paesi, tra cui quelli scandinavi, le allergie dovute a derivati epidermici di animali domestici sono in numero superiore rispetto a quelle dovute agli acari (Perzanowski *et al.*, 1999). In modo particolare Fel d 1, l'allergene maggiore del gatto, si è rivelato tra i più potenti allergeni responsabili di attacchi acuti di asma.
Anche le blatte rappresentano una significativa fonte di allergeni in alcune parti del mondo e soprattutto negli edifici con scarso livello igienico (Chapman, 1993). Le specie più comunemente riscontrate in Italia negli ambienti indoor sono *Blattella germanica*, segnalata spesso quale fonte di infestazione domestica, *Periplaneta americana* che predilige grandi magazzini e depositi di derrate, *Blatta orientalis*, frequentemente riscontrata in luoghi più freschi come gli scantinati. Il fenomeno della sensibilizzazione nei confronti delle blatte in Italia è ancora in fase di valutazione e la maggior parte dei dati proviene da studi svolti in altri Paesi europei o negli Stati Uniti (Custovic *et al.*, 1996, 1998).
Relativamente agli allergeni acaridici e grazie alla disponibilità di allergeni purificati e caratterizzati, il *I* ed il *II International Workshop on Indoor Allergens and Asthma* (Platts-Mills *et al.*, 1992) hanno proposto 2mg di allergene del gruppo 1 per grammo di polvere quale valore soglia per la sensibilizzazione, e 10µg/g di polvere quale limite per l'insorgenza di attacchi acuti di asma. Precedentemente, quali valori soglia venivano considerati rispettivamente 100 e 500 acari/g di polvere. Se sulla correlazione tra esposizione ad allergeni e sensibilizzazione c'è una certa unanimità di consensi, il rapporto tra esposizione e manifestazioni acute di asma è molto più complesso. Molti pazienti con asma sono esposti e sensibilizzati nei confronti di più allergeni indoor ed è difficile definire il contributo di ciascuno di essi nello scatenamento di una sintomatologia acuta. La situazione è ulteriormente complicata dal ruolo giocato da fattori concomitanti o favorenti la crisi allergica, tra cui si possono annoverare l'inquinamento ambientale, l'attività fisica, le infezioni batteriche e virali (Custovic e Chapman, 1998). Per gli altri allergeni non esistono livelli soglia ben definiti, ma sono stati suggeriti i valori compresi tra 2 e 8µg/g di Fel d 1 come importanti per la sensibilizzazione e superiori a 8µg/g per lo sviluppo di attacchi acuti di asma (Raunio *et al.* 1998).
La valutazione del rischio allergeni in ambienti di lavoro indoor non può prescindere da procedure rigorose e standardizzate ma, ad oggi, non esiste un consenso unanime sulle modalità di campionamento, sul tipo di campionatore e di tecniche di estrazione da adottare.
Il campionamento degli allergeni può essere effettuato mediante la raccolta sia delle polveri sedimentate sia del particolato aerodisperso, in base alle quali si ottengono indici di esposizione esprimibili, rispettivamente, in termini di mg di allergene per grammo di polvere (µg/g) o mg di allergene per m^3 di aria (µg/m^3).
Il monitoraggio del particolato aerodisperso è influenzato dal fatto che la persistenza degli allergeni nella frazione inalabile varia in funzione sia della forma e delle dimensioni delle particelle in cui sono contenuti (10 ÷ 40 µm per acari e blatte, inferiori ai 5 µm per gatto e cane) che della turbolenza dell'aria, per cui rimangono in sospensione per un periodo di tempo differente.
In letteratura, finora, il metodo più utilizzato risulta quello della raccolta delle polveri su superficie, che può essere effettuata secondo modalità diverse ed avere un grande impatto sui risultati finali. E' importante, dunque, scegliere la procedura in base allo scopo prefissato, che può essere, ad esempio, lo studio della qualità allergenica della polvere (molto utile nel valutare il rischio in un determinato ambiente) o l'esposizione totale agli allergeni. Nel primo caso l'analisi viene standardizzata per unità di peso e i risultati espressi come mg di allergene/g di polvere; nel secondo caso, viene standardizzata per unità di superficie e tempo, ed espressa in termini di mg o ng di allergene/m^2/minuto. Negli studi epidemiologici sembra più idoneo esprimere il dato in termini di unità di peso/g di polvere; nel caso, invece, si vogliano verificare i risultati di determinati programmi di controllo, appare più opportuno esprimersi in termini di mg per unità di superficie. Esprimere i risultati per unità di peso/g di polvere, insieme alla setacciatura della polvere, rende più facile la standardizzazione e il confronto tra siti differen-

ti. Tra l'altro, è stata anche dimostrata una buona correlazione tra risultati espressi in µg/g o in µg/m^2 (Custovic *et al.*, 1995).
In quanto ai campionatori, ci si può avvalere di aspirapolveri alle quali vengono di volta in volta cambiati i sacchetti oppure inseriti speciali "dust-trap", ricettacoli per la polvere provvisti di filtri.
Per quanto riguarda la misurazione degli allergeni indoor, i test più riproducibili e specifici sono quelli che si avvalgono dell'uso di anticorpi monoclonali e consentono di effettuare sia un'analisi qualitativa sia quantitativa. Altri metodi usati in particolare per gli acari sono: i) conta al microscopio ottico, metodo che consente di valutare specie e densità ma, oltre ad essere piuttosto laborioso, necessita di personale specializzato; ii) analisi semiquantitativa con anticorpi policlonali; iii) dosaggio della guanina, analisi semiquantitativa e piuttosto aspecifica.
In base a quanto espresso precedentemente, risulta necessario, ai fini della valutazione del rischio, approfondire le problematiche relative al campionamento e alle tecniche relative al dosaggio degli allergeni al fine di stabilire dei criteri analitici rigorosi. In tale contesto e da tale esigenza nasce il nostro studio, avente lo scopo di focalizzare meglio la questione allergeni indoor e di riuscire, avvalendoci del confronto di metodologie standardizzate disponibili commercialmente, ad effettuare opportunamente la valutazione del rischio nelle svariate tipologie di ambienti lavorativi confinati. E' naturalmente opportuno, quale fase preliminare, esaminare le peculiarità delle diverse realtà lavorative con gli eventuali cicli produttivi, tenendo conto di tutti quei fattori bio-ecologici e fisici che possono influenzare la diffusione degli allergeni.
Lo studio è stato avviato in alcuni uffici nei quali, sia per le particolari condizioni microclimatiche, sia per la lunga permanenza dei lavoratori, si possono verificare situazioni di rischio molto simili a quelle domestiche, già ampiamente documentate in letteratura. Obiettivo principale è stato quello di valutare la "qualità allergenica" delle polveri campionate, mediante: 1) analisi qualitativa e quantitativa degli allergeni Der p 1, Der f 1, Mite group 2 (Der p 2, Der f 2), Bla g 2, Fel d 1 con la tecnica del *Dustscreen* (CMG-HESKA, Fribourg, Switzerland); 2) identificazione di specie e studio della densità acaridica; 3) studio dei fattori microclimatici ed ambientali potenzialmente in grado di influenzare la diffusione degli allergeni.

Materiali e metodi

Area di studio

Lo studio è stato effettuato in quattro edifici INAIL della Regione Campania, corrispondenti a tipologie edilizie ed ubicazioni diverse: 1) Centro Polifunzionale di Via Nuova Poggioreale, Napoli: un edificio di 14 piani completato nel 1989, situato nella periferia est della città; 2) COT di Via De Gasperi, Napoli: un edificio di 5 piani ultimato negli anni '30; 3) COT di Fuorigrotta, Napoli: un locale seminterrato di un'abitazione ad uso civile, area nord-ovest; 4) sede di Aversa (CE): edificio completato nei primi anni '90.
In ciascun edificio sono state scelte quattro tipologie di stanza al fine di valutare anche l'influenza del "fattore umano" nella diffusione degli allergeni: ufficio con un solo impiegato, ufficio con più impiegati, ufficio aperto al pubblico, archivio senza alcun impiegato.

Campionamento

La raccolta dei campioni di polvere ed il monitoraggio ambientale sono stati effettuati il 30 e 31 maggio 2000, mediante aspirapolvere (1300W). Per evitare contaminazioni tra i vari campioni, ad ogni campionamento si è sempre provveduto a sostituire i sacchetti e a mantenere pulito il tubo dell'aspirapolvere.

La polvere è stata raccolta da pavimenti, scrivanie, sedie e scaffali situati nel raggio d'azione degli impiegati; negli archivi da pavimenti e scaffali.
Durante le raccolte sono stati compilati una scheda tecnica riportante le caratteristiche del sito ispezionato (presenza o meno di aria condizionata, riscaldamento, tipo e numero di finestre, ecc.) e un questionario per ciascun impiegato nel quale venivano richiesti dati sulla percezione di disagi di tipo microclimatico o la eventuale presenza di malattie allergiche.
I dati microclimatici sono stati rilevati mediante la centralina microclimatica Babuc/A, LSI.

Estrazione e analisi degli allergeni

In laboratorio la polvere è stata setacciata (35 mesh) al fine di eliminare le particelle più grossolane.
Un'aliquota di 100mg è stata utilizzata per l'estrazione e l'analisi degli allergeni mediante il kit "*Dustscreen*" e un'altra aliquota da 100mg è stata invece impiegata per l'identificazione e la conta degli acari; la polvere restante è stata conservata a –20°C.
Per quanto riguarda l'analisi quantitativa degli allergeni, è stato seguito il protocollo previsto dal *Dustscreen*, metodo che si avvale di strisce di nitrocellulosa su cui sono adsorbiti gli anticorpi monoclonali specifici per gli allergeni Der p 1, Der f 1, Mite group 2, Bla g 2, Fel d 1. Il procedimento è essenzialmente il seguente: estrazione degli allergeni dalla polvere mediante un tampone a base di bicarbonato di ammonio; incubazione delle strisce di nitrocellulosa con 1ml di estratto, lavaggi, incubazione con una miscela contenente anticorpi monoclonali marcati con perossidasi, lavaggi, incubazione con cromogeno e substrato per la rivelazione colorimetrica. La durata complessiva del test è stata di poco più di 4 ore.
Una volta completato il test, le strisce di nitrocellulosa sono state lette al densitometro; i risultati sono stati resi quantitativi mediante l'impiego degli standard forniti dal kit, i quali consentono di trasformare tramite analisi densitometrica valori di assorbimento ottico in concentrazioni di allergene misurato.

Isolamento degli acari e identificazione delle specie

L'isolamento degli acari è stato eseguito secondo il metodo descritto da Bigliocchi *et al.* (1996). Un'aliquota di polvere è stata trasferita in un beaker contenente 30 ml di una soluzione satura di NaCl con 5 gocce di detergente e lasciata in un agitatore ad ultrasuoni per 10 minuti. Successivamente, la miscela è stata colorata con una soluzione di cristal violetto all'1% e fatta decantare con l'ausilio di una pompa a vuoto su tre filtri di carta assorbente. Allo stereomicroscopio (ingrandimento 25 x 10) sono stati esaminati i tre filtri, gli acari sono stati estratti e montati in liquido di Hoyer. Una volta lasciati ad essiccare i vetrini in stufa a 37°C per due-tre giorni, gli esemplari sono stati contati e identificati al microscopio ottico in base a chiavi dicotomiche e pittoriche (Fain *et al.* , 1990; Ottoboni e Piu, 1990; Colloff e Spieksma, 1992).

Risultati e discussione

Analisi degli allergeni

L'analisi della polvere ha dimostrato la presenza di almeno uno dei cinque tipi di allergeni in ciascuno dei siti ispezionati (Tab. 1): la presenza degli allergeni da acari è stata riscontrata nell'87.5 % dei campioni, quella di Fel d 1 e di Bla g 2 rispettivamente nel 93.7 % e 37.5 %.
Se ci si riferisce ai singoli edifici, la più alta concentrazione allergenica è stata osservata a Fuorigrotta AM 17.3, range (0,17 ÷ 34.37), le concentrazioni più basse presso il Centro

Polifunzionale (AM 6.8, range 3.67 ÷ 9.91), seguito dalla Sede di Aversa (AM 11.5, range 2.82 ÷ 20.08), cioè nei due edifici di più recente costruzione.
Considerando invece le diverse tipologie di stanze campionate, l'archivio è risultato in assoluto il sito meno infestato (AM 3.5, range 0.46 ÷ 6.51); quello a più alta concentrazione allergenica è stata invece la stanza con più persone (AM 18.9, range 3.39 ÷ 34.37). Tra i fattori che potrebbero spiegare un tale risultato c'è sicuramente quello "umano", ossia la presenza o meno di impiegati fissi in tali ambienti; gli acari, infatti, si nutrono essenzialmente di frammenti organici presenti nella polvere quali residui di cibo, fibre naturali e spoglie di artropodi, nonché i prodotti della desquamazione cutanea dell'uomo, sufficienti per lo sviluppo e la diffusione di migliaia di acari. Quanto detto potrebbe essere in contraddizione con il fatto che nelle stanze aperte al pubblico, dove sicuramente l'afflusso di pubblico è maggiore che in altre stanze, il livello di allergeni è risultato più alto solo degli archivi (AM 5.0, range 0.17-9.91); tuttavia, se si tiene conto delle diverse modalità con cui vengono svolte le pulizie emerge che nei locali aperti al pubblico tutti i giorni i pavimenti vengono lavati con detersivi.

Tabella 1

Livelli degli allergeni riportati per edificio e tipologia stanza (A, stanza con una persona; B, stanza con più persone; C, stanza aperta al pubblico; D, archivio).

	Der p1*	Der f 1*	Mite group2 *	Fel d 1 *	Bla g 2 *
Centro Polifunzionale					
A	2.10	1.57	0	0	0
B	3.24	2.4	0	0.13	0
C	4.15	3.23	1.19	0.34	1
D	3.20	3.23	0	0.07	0.001
Aversa					
A	4.62	8.23	2.07	1.08	4.08
B	2.14	1.01	0	0.24	0
C	1.81	4.62	0.31	0.57	0
D	1.65	0.73	0	0.44	0
De Gasperi					
A	1.65	1.57	0	0.07	0
B	3.92	15.15	1.46	1.05	0.68
C	2.35	2.14	0	0.2	0
D	0	0	0	0.54	0
Fuorigrotta					
A	5.06	12.4	3.24	0.5	2.38
B	6.65	16.84	6.4	1.08	3.4
C	0	0	0	0.17	0
D	0	0.46	0	0.1	0

* µg/g polvere

Nella Tabella 2 sono riportate le percentuali dei campioni positivi e i relativi livelli di allergene riscontrati.

Tabella 2

Numero e percentuale dei campioni positivi con i relativi livelli di allergene (µg/g di polvere).

Livelli allergene (µg/g)	**N° Campioni positivi**				
	Der p 1	**Der f 1**	**Mite group 2**	**Fel d 1**	**Bla g 2**
0-2	**6** (37.5%)	**7** (43.7%)	**13** (81.2%)	**16** (100%)	**13** (81.3%)
2-10	**10** (62.5%)	**6** (37.6%)	**3** (18.8%)	0	**3** (18.7%)
>10	0	**3** (18.7%)	0	0	0

Se si prendono in considerazione i singoli allergeni, la concentrazione più alta è quella relativa agli acari della polvere: i livelli di Der f 1 e di Der p 1 sono stati superiori a 2µg/g di polvere nel 56.3 % e 62.5 %, rispettivamente, dei campioni esaminati; addirittura, nel 18.7 % dei campioni, Der f 1 ha superato il limite di 10µg/g, valore considerato ad alto rischio di sintomatologia acuta. E' un dato che si discosta da altri studi presenti in letteratura sulla presenza di allergeni in edifici pubblici (scuole, uffici, cinema, ecc.) dove sembrano prevalere quelli di cane e gatto (Almqvvist *et al.*, 1999; Custovic *et al.*, 1996; Perzanowski *et al.*, 1999; Raunio *et al.*, 1998) o, comunque, i livelli di allergeni da acari della polvere risultano significativamente più bassi rispetto a quelli domestici (Wickens e coll., 1997; Menzies e coll., 1998). Talvolta, una presenza consistente è risultata limitata solo ad alcuni siti specifici, tra cui le sedie di stoffa (Janko e coll., 1995).
Per quanto riguarda gli altri due allergeni presi in esame, sono stati ottenuti mediamente valori inferiori a quelli che identificano in linea teorica la soglia di sensibilizzazione (circa 2µg/g di polvere). I bassi valori di Fel d 1 potrebbero trovare una spiegazione sia nel fatto che nessuno degli impiegati interpellati possedeva gatti in casa, sia al fatto che per un tale allergene dalle dimensioni inferiori ai 5mm, un campionamento aereo si sarebbe rivelato probabilmente più sensibile.
In uno studio condotto da Perzanowski *et al.* (1999) in alcune scuole e case svedesi, è risultato che la concentrazione media di Bla g 2 era sempre inferiore a 0,2µg/g di polvere, mentre quella di Fel d 1 variava tra 0.76 µg/g di polvere nelle scuole, fino a 33 µg/g nelle case in cui era presente un gatto. In alcune classi in cui erano presenti bambini con gatti in casa, il livello di Fel d 1 saliva in modo significativo; la diffusione di tale allergene, infatti, è molto legata al trasporto passivo soprattutto tramite il vestiario.
Le basse concentrazioni di Bla g 2 ben si accordano con il fatto che tali allergeni sono legati a particelle di dimensioni maggiori e non è ancora dimostrato che aderiscano alle pareti o al vestiario (Chapman, 1993), per cui è irrilevante il ruolo giocato dal trasporto passivo. I valori leggermente più alti riscontrati in un campione di Aversa e in due di Fuorigrotta, potrebbero essere dovuti all'effettiva presenza di blatte.
Vista l'esiguità del nostro campione, dall'esame dei rilievi microclimatici, non emergono delle relazioni ben definite tra i fattori presi in esame e le concentrazioni di allergeni. Se si prendono in considerazione umidità relativa e temperatura, i quali rappresentano i fattori che influenzano maggiormente lo sviluppo degli acari, emerge che la percentuale media di umidità relativa nelle stanze in cui prevale *D. farinae* risulta pari al 51.5 % (range 42.3 ÷ 63.7), mentre per *D.pteronyssinus* è pari al 58.3 % (range 53.9 ÷ 65.6).
Dai questionari compilati dagli impiegati, è emerso che solo un'impiegata aveva effettuato delle prove allergiche ed era risultata positiva ad acari e parietaria, ma non lamentava un peggioramento della sintomatologia nell'ambiente di lavoro. La maggioranza degli impiegati intervista-

ti ha manifestato, invece, solo un generico fastidio ed irritazione da parte delle polvere presente su pratiche o altro materiale.

Specie e densità acaridiche

La specie più diffusa è risultata *D. farinae* (44,8 %) seguita da *D pteronyssinus* (22,4 %) (Tabella 3). La prevalenza di *D. farinae* conferma una precedente indagine eseguita a Napoli nelle polveri domestiche (Noferi *et al.*, 1974) e ben si accorda anche con alcuni studi effettuati nelle città di Roma (Bigliocchi *et al.*, 1994; Bigliocchi *et al.*, 1996) e Messina (Frusteri *et al.*, 1998). Questa specie, infatti, è spesso riscontrata in microclimi più secchi rispetto a *D. pteronyssinus*, ed è in grado di sopravvivere in condizioni più avverse.
Osservando i valori di umidità relativa rilevati dai nostri campionamenti, emerge come proprio nei microclimi con valori di umidità relativa più bassi (range 40 ÷ 55%), *D. farinae* mostri una netta prevalenza sia in termini numerici (70÷140 acari/g di polvere) sia in termini di allergeni (12.4 ÷16.84 µg/g). *D. pteronyssinus*, invece, risulta prevalente in Sardegna e nell'Italia centro-settentrionale (Ottoboni *et al.*, 1978; Castagnoli *et al.*, 1983; Nannelli *et al.*, 1983; Piu *et al.*, 1990; Mansi *et al.*, 2000).

Tabella 3

Densità (numero di acari per grammo di polvere) delle specie acaridiche rilevate. D.pte, D.pteronyssinus; D.far, D.farinae; E.may, E.maynei, non id, frammenti di acari non identificabili.

	D.pte.	D.far.	E. may.	larve	ninfe	Non id.	Densità
Centro Pol.							
A							0
B				10			10
C	130	30			10	10	180
D							0
Totale	**130**	**30**	**0**	**10**	**10**	**10**	**190**
Aversa							
A	10	30	10	30	10	20	110
B					10		10
C		40					40
D							0
Totale	**10**	**70**	**10**	**30**	**20**	**20**	**160**
De Gasperi							
A	20						10
B	10	80	20	30			140
C					10	10	20
D							0
Totale	**10**	**80**	**20**	**30**	**10**	**10**	**170**
Fuorigrotta							
A	20	70	10			10	110
B	40	140		10	10	30	230
C				10		10	
D					10	10	
Totale	**60**	**210**	**10**	**10**	**20**	**50**	**360**
TOTALE	**210 (24.2%)**	**390 (44.8%)**	**40 (4.6%)**	**80 (9.2%)**	**60 (6.9%)**	**90 (10.3%)**	**870**

Se si confrontano i dati ottenuti con i due metodi relativi agli acari (*Dustscreen* e metodo della conta al microscopio) si può, in via assolutamente preliminare vista l'esiguità del campione, dimostrare una correlazione positiva ($R^2 = 0.858$). La predominanza dei due allergeni Der p 1 e Der f 1 è equamente ripartita nei diversi campioni positivi; i livelli complessivi di allergene sono invece diversi, con una netta prevalenza di Der f 1 ($\Sigma = 73.2\mu g/g$ di polvere) rispetto a Der p 1 ($\Sigma = 41.6\mu g/g$ di polvere). Questo dato conferma nettamente la grande plasticità ecologica di *D. farinae*, in grado di resistere maggiormente a condizioni ambientali avverse quali bassi tassi di umidità relativa o a determinate misure prevenzionali e di controllo.
Il fatto, invece, che il numero di acari sia generalmente al di sotto dei livelli di rischio, a differenza della quantità di allergeni, può essere spiegato dalla dinamica stagionale degli acari, con diversi picchi nelle differenti regioni o situazioni micro- e macroclimatiche, mentre il livello di Der p 1 e Der f 1 può persistere a valori costantemente elevati anche per lunghi periodi dopo la caduta dei livelli degli acari. Tale fenomeno, oltretutto, è uno dei fattori di primaria importanza di cui bisogna tener conto nel caso di trattamenti degli ambienti con acaricidi sprovvisti di potere denaturante degli allergeni.

Conclusioni

La misurazione del livello di allergeni in un determinato ambiente rappresenta naturalmente la prima fase di una più ampia valutazione del rischio che richiede l'intervento di più competenze scientifiche e, ad oggi, di un numero maggiore di studi che possano validarne i metodi di operatività.
Nell'ambito del rischio assicurato o, più in generale, in ambito prevenzionale, sarebbe sempre auspicabile riuscire a stabilire eventuali relazioni dose-effetto. Tuttavia, soprattutto nel caso del rischio biologico, stabilire tali relazioni risulta di difficile attuazione, dal momento che bisogna tener conto dell'interazione di una serie di fattori (fisiologici, immunologici, microbici, ambientali).
Tali difficoltà sono ben evidenti nella complessa valutazione del rischio allergologico che prevede un'accurata e standardizzata metodologia relativa a campionamento, estrazione e analisi quantitativa degli allergeni; un tale procedimento permetterebbe di meglio definire la correlazione tra concentrazione di allergeni e l'insorgenza di un'eventuale sintomatologia acuta.
Lo studio, pur avvalendosi di un campione poco rappresentativo in termini quantitativi, fornisce interessanti considerazioni preliminari sulla modalità di valutare il rischio allergeni negli ambienti indoor.
Nell'ambito della nostra indagine preliminare, la procedura adottata, dal campionamento alla tecnica di estrazione, si è rivelata relativamente semplice, riproducibile e facile da attuare. In particolare, il *Dustscreen* ha presentato il vantaggio di saggiare rapidamente e nella stessa situazione operativa, più allergeni. Tuttavia, per verificare il livello di attendibilità e riproducibilità dei dati ottenuti, è opportuno in futuro estendere il campionamento non solo ad un numero maggiore di realtà lavorative simili a quelle studiate ma anche ad ambienti lavorativi diversi, saggiando gli allergeni contemporaneamente con il *Dustscreen* ed altre metodiche disponibili commercialmente.
Metodi standardizzati per misurare l'esposizione agli allergeni indoor sono necessari per stabilire la relazione tra esposizione, sensibilizzazione e gravità di sintomi asmatici. Pertanto, a tale monitoraggio ambientale, verrà affiancato uno studio relativo ad una eventuale risposta allergica (skin prick test e dosaggio delle IgE) dei singoli lavoratori, al fine di stabilire gli effetti dell'esposizione ad allergeni sulla sensibilizzazione o sullo sviluppo di una sintomatologia acuta.
Inoltre, sarebbe auspicabile che, una volta scelta la metodica ritenuta più idonea e lavorando con allergeni purificati e standardizzati estratti dai cosiddetti acari delle derrate (ad esempio *A. siro*, *Tyrophagus putrescentiae*, *Glycyphagus domesticus*), potesse essere esteso lo stesso tipo di monitoraggio ad ambienti lavorativi in cui prevalgono tali specie (cfr. Voci 40 e 41 del D.P.R

336/94). Ciò è di notevole interesse, sia a fini assicurativi, per indennizzare come professionali le eventuali patologie correlate a tale esposizione negli ambienti di lavoro, sia ai fini preventivi, per fornire ai tecnici che operano nel settore (consulenti aziendali, responsabili del servizio di prevenzione e protezione, ecc.) uno strumento per individuare la necessità di implementare misure di prevenzione primaria e secondaria.

BIBLIOGRAFIA

Almqvist C., Larsson M.D., Egmar A.C. *et al.*: (1999). School as a risk environment for children allergic to cats and a site for transfer of cat allergen to homes. *J Allergy Clin Immunol* 103(6): 1012-1017.

Bigliocchi F., Maroli M.: (1995). Distribution and abundance of house dust mites (Acarina: Pyroglyphidae) in Rome, Italy. *Aerobiologia* 11: 35-40.

Bigliocchi F., Frusteri L., Carrieri M.P., Maroli M.: (1996). Distribution and density of house dust mites *Dermatophagoides* spp (Acarina: Pyroglyphidae) in the mattresses of two areas of Rome, Italy. *Parassitologia* 38: 543-546.

Castagnoli M., Liguori M., Nannelli N.: (1983). Gli acari della polvere delle case in Italia. Atti XIII del Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Sestriere, 27 giugno-1 luglio 1983: 577-582.

Chapman M.D.: (1993). Cockroach allergens: a common cause of asthma in North American cities. *Insights in Allergy* 8: 1-8.

Colloff M.J., Spieksma F.T.H.M.: (1992). Pictorial keys for the identification of domestic mites. *Clin Exp All* 22: 823-830.

Colloff M.J.: (1991). Practical and Theoretical aspects of the ecology of house dust mites (Acari: Pyroglyphidae) in relation to the study of mite-mediated allergy. *Rew Med Vet Entomol* 79(11/12): 611-629.

Custovic A., Fltecher A. Pickering A.C. et al.: (1998). Domestic allergens in public places III: house dust mite, cat, dog and coachroach allergen in Britain hospitals. *Clin Exp All* 28: 53-59.

Custovic A., Chapman M.: (1998). Risk levels for mite allergens. Are they meaningful? *Allergy* 53(48): 71-76.

De Weck A.L., Derer M., Morrison-Smith G., Stadler B.M., Walliser M.: (1998). Dustscreen, a new assay for simultaneous determination of multiple allergens in house dust. *ACI International* 10(5): 130-140.

Fain A., Guerin B., Hart B.J.: (1990). Mites and allergic disease. Ed. Guerin: 190 pp.

Frusteri L., Giannetto S., Maroli M.: (1998). Distribution of house dust mites in the mattresses in Messina Province, Italy. *Parassitologia* 40(suppl.1): 57.

Janko M., Gould D.C., Vance L., Stengel C.C., Flack J.: (1995). Dust mite allergens in the office environment. *Am Ind Hyg Assoc J* 56 (11): 1133-40.

Mansi A., Frusteri L., Maroli M., Salerno A., Marcelloni A.M., Muzi G., Accattoli M.P., Abbritti G.: A study on house-dust mite infestation in temporary prefabricated homes after a recent earthquake in central. Proceedings of healthy buildings 2000, Vol. 1: 325-330.

Mari A., Maroli M.: (1996). L'allergia agli acari della polvere quale problema di igiene ambientale. *Ig San Pubbl* 52 (4): 255-262.

Menzies D., Comtois P., Pasztor J., Nunes F., Hanley J.A.: (1998). Aeroallergens and work-related respiratory symptoms among office workers. *J Allergy Clin Immunol* 101(1): 38-44.

Nannelli R., Liguori M., Castagnoli M.: (1983). Osservazioni preliminari sulla biologia di *Euroglyphus maynei* e sua distribuzione in Italia. *Redia* LXVI: 401-408.

Noferi A., Serino W., Sacerdoti G., Blythe M.E.: (1974). Survey on concentration and type of house dust mites (HDM) in dusts of specifically sensitized peple in Naples. Preliminary data. *Folia Allergol Immunol Clin 21: 466-469.*

Ottoboni F., Morlacchi C., Falagiani P., Petrigni G.: (1978). Allergia agli acari domestici: studio epidemiologico ed immunochimico. *Folia Allergol Immunol Clin 25: 592-597.*

Ottoboni F., Piu G.: (1990). Gli acari allergenici. Guida al loro riconoscimento. Ed. UTET, Milano.

Ottoboni F., Falagiani P., Morlacchi C., Centanni G.: (1979). Indagine sugli acari delle polveri di casa. *Folia Allergol Immunol Clin 26: 427-428.*

Perfetti L., Pozzi V., Grignani E., *et al.*: Concentrations of house mites (Der p 1, Der f 1), cat (Fel d 1) and cockroach (Bla g 2) allergens in offices. *Allergy* 1999 54(suppl. 52): 84.

Perzanowsky M.S., Ronmark E., Nold B. *et al.*: (1999). Relevance of allergens from cats and dogs to asthma in the northernmost province of Sweden: schools as a major site of exposure. *J All Clin Immunol* 103(6): 1018-1024.

Piu G., Ballero M., Palomba A. *et al.*: (1990). Autunno 1989: acarofauna in Sardegna. *Folia Allergol Immunol Clin 37: 285-289.*

Platts-Mills T.A.E., Thomas W.R., Aalberse R.C., *et al.*: (1992). Dust mite allergens and asthma: Report of the 2nd International Workshop. *J Allergy Clin Immunol 89: 1046-60.*

Raunio P., Pasanen A.L., Reiman M., Virtanen T.: (1998). Cat, dog, and house-dust mite allergen levels of house dust in Finnish apartments. *Allergy* 53: 195-199.

Voorhost R., Spieksma F.T.M., Varekamp N.: House dust mite atopy and the house dust mite *Dermatophagoides pteronyssinus* (Troussart, 1897). Leiden: Stafleu's Scientific Publishing, 1969.

Wickens K., Martin I., Pearce N., et al.: (1997). House dust mite allergen levels in public places in New Zealand. *J Allergy Clin Immunol* 99 (5): 587-593.

IL CAMPIONAMENTO DELLE POLVERI AI FINI DELLA STIMA DELL'ESPOSIZIONE: NUOVI CRITERI E NUOVI STRUMENTI

*A. Marconi**

* Laboratorio di Igiene Ambientale, Istituto Superiore di Sanita', Roma.

RIASSUNTO

Lo sviluppo e l'applicazione della strumentazione per la determinazione delle particelle aerodisperse sono stati guidati essenzialmente da due strategie o metodi di approccio: a) metodo di posizionamento (campionatori di area o statici), comportanti il monitoraggio ambientale in specifiche zone lavorative o in associazione con particolari processi; b) metodo personale, con l'intento di determinare l'esposizione correlata con effetti sanitari dell'individuo.
A partire dagli anni '70 e successivamente, e' stata data una sempre maggiore enfasi al metodo di campionamento personale per la misura dell'esposizione ai fini del confronto con i valori limite di riferimento (TLV), mediati sul tempo (TWA). Questo tipo di campionamento e' stato indicato nella legislazione nazionale vigente per la valutazione della esposizione personale dei lavoratori e per stabilire la sua conformita' ai valori limite stabiliti per Pb e amianto negli ambienti lavorativi (DLgs, 277/1991).
Nel caso generale delle particelle aerodisperse con morfologia isometrica, in questi ultimi anni, da parte di autorevoli enti di standardizzazione (ISO, CEN e ACGIH) sono state elaborate delle nuove definizioni per le frazioni dimensionali (o granulometriche) degli aerosol in relazione agli effetti sanitari, sulla base di un'ampia base di dati sperimentali elaborati nel frattempo dalla comunita' scientifica. Queste definizioni, con valenza di norme di riferimento, sono il frutto di un accordo internazionale, e specificano anche delle convenzioni per il campionamento delle diverse frazioni, applicabili nel caso degli ambienti di lavoro e di vita.
Le convenzioni sono state definite per le frazioni: 1) inalabile, 2) toracica, e 3) respirabile. La prima frazione e' costituita dalla massa delle particelle aerodisperse totali che penetra attraverso il naso e la bocca, la seconda e' la massa che penetra oltre la laringe, la terza frazione si riferisce alla massa che penetra nelle vie respiratorie prive di cilia. Le convenzioni costituiscono le specifiche di riferimento per gli strumenti di campionamento delle diverse frazioni di interesse.
Gli strumenti campionatori devono avere una efficienza di campionamento conforme alle specifiche convenzioni, secondo una fascia di prestazioni accettabile, che tenga conto degli errori sperimentali e dell'influenza di vari fattori oltre al diametro aerodinamico (Dae) delle particelle. I nuovi criteri di riferimento sono stati adottati e pubblicati dall'UNI nel 1994 e nel 1998 (UNI EN 481 e UNI ISO 7708).
Nel caso del prelievo della frazione inalabile, che va a sostituire la vecchia frazione totale delle polveri aerodisperse, sono stati progettati e commercializzati strumenti in grado di effettuare i prelievi conformemente alle nuove specifiche (campionatore IOM). L'impiego di questi strumenti negli studi comparativi condotti in diversi ambienti lavorativi ha mostrato che i livelli di esposizione misurati con i nuovi campionatori (frazione inalabile) superano generalmente quelli eseguiti in parallelo con i vecchi tipi di campionatori (polvere totale). Questi risultati pongono, quindi, dei problemi nel processo di definizione di nuovi limiti di

esposizione basati sulla frazione inalabile.
Per il prelievo della frazione toracica esistono in commercio prevalentemente strumenti di tipo statico destinati al monitoraggio nell'ambiente esterno (campionatori per il PM10 ad alto volume o dicotomi). Gli strumenti personali sono ancora molto pochi (CIP10-T e PEM), ma cresce sempre piu' l'interesse nel loro sviluppo, non solo nel caso degli ambienti lavorativi, ma anche per la misura dell'esposizione negli ambienti interni (indoor).
Nel campo dell'igiene industriale riveste un particolare rilievo il concetto di polvere respirabile. Questo fu introdotto per effettuare la valutazione del rischio di esposizione alle polveri potenzialmente pericolose per la regione di scambio gassoso polmonare. L'idea di polvere respirabile fu originalmente formulata dal British Medical Research Council (BMRC). Nel 1952 esso elaboro' una definizione di polvere respirabile identificandola come la concentrazione in massa delle particelle che passavano oltre un elutriatore orizzontale con un taglio o cut-off (diametro a cui si ha il 50% di penetrazione o d50) approssimante la dimensione di taglio della regione di scambio gassoso. Lo stesso riferimento fu adottato dalla Conferenza Internazionale sulle Pneumoconiosi di Johannesburg nel 1959. Nel 1961 la U.S. Atomic Energy Commission (AEC) ed il Los Alamos Scientific Laboratory (LASL) formularono la loro versione di polvere respirabile, conosciuta come la curva AEC-LASL. Nel 1968 la convenzione di campionamento dell'AEC fu adottata dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH). Sulla base di questi riferimenti sono stati sviluppati nella pratica essenzialmente due tipi di campionatori per la frazione respirabile, aventi una diversa dimensione di cut-off, ma basati ambedue sul principio di separazione ciclonica: il ciclone di tipo Casella o SIMPEDS (BMRC) avente la dimensione di taglio a 5 mm e il ciclone di nylon (Dorr-Oliver; ACGIH) con una dimensione di taglio a 3.5 mm.
Nella nuove definizioni ISO-CEN-ACGIH, in cui e' stata effettuata una revisione generale dei precedenti criteri, la dimensione di cut-off per il campionamento della frazione respirabile e' stata posta a 4.0 mm. Su questa base, in questi ultimi anni, e' stata valutata la possibilita' di adattamento degli strumenti campionatori esistenti (cicloni), essenzialmente modificando la portata di campionamento, oppure sono stati sviluppati nuovi strumenti in grado di fornire le specifiche richieste per raggiungere la conformita' alla convenzione di campionamento.

Le nuove definizioni ed i sistemi di campionamento

Alla fine degli anni 70 fu sviluppato il concetto di inalabilita' in relazione all'efficienza di campionamento dalla testa umana durante l'atto respiratorio attraverso il naso e/o la bocca (Ogden, 1977). L'efficienza del campionatore testa umana e' funzione delle dimensioni aerodinamiche delle particelle aerodisperse ed in particolare del diametro aerodinamico (Dae). Il Dae delle particelle di aerosol, inoltre, riveste una speciale importanza ai fini della valutazione degli effetti tossicologici, poiche' esso determina il sito di deposizione delle particelle nelle diverse regioni del sistema respiratorio, dove possono sviluppare le eventuali azioni patogene.
Sulla base di queste considerazioni e di una ampia base di dati sperimentali, da parte di autorevoli enti internazionali, sono state di in questi ultimi anni elaborate delle nuove definizioni per le frazioni dimensionali degli aerosol in relazione agli effetti sanitari. Da parte dell'ISO, del CEN e della stessa ACGIH, e' stata effettuata una revisione generale dei precedenti criteri e sono state concordemente definite le frazioni di aerosol di interesse sanitario, nonche' stabiliti i requisiti necessari per il loro campionamento (UNI-CEN, 1994; UNI-ISO, 1998; ACGIH, 2000).

Nel Grafico 1 vengono riportate graficamente le diverse convenzioni espresse come percentuali delle particelle aerodisperse totali.

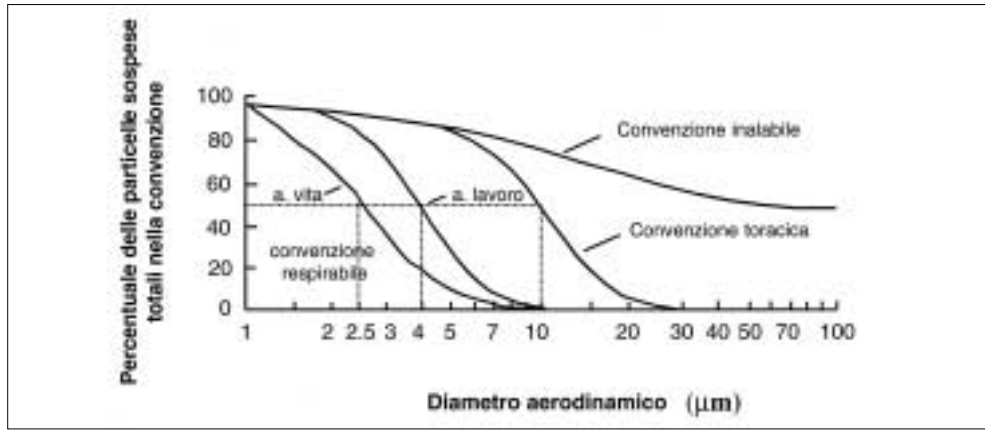


Grafico 1. Convenzioni, inalabile, toracica e respirabile espresse come percentuale delle particelle sospese totali.

Nelle nuove norme vengono specificati due tipi di definizioni: la prima si riferisce alle frazioni dimensionali, e cioe' la "frazione inalabile " (la massa delle particelle aerodisperse totali che penetra attraverso il naso e la bocca), la "frazione toracica" (la massa che penetra oltre la laringe), e la "frazione respirabile" (la massa che penetra oltre le vie respiratorie prive di cilia). Il secondo tipo di definizioni e' riferito alle convenzioni per effettuare il campionamento: la convenzione e' la specifica di riferimento per gli strumenti di campionamento delle diverse frazioni di interesse. Gli strumenti campionatori devono avere una efficienza di campionamento conforme alle specifiche convenzioni, secondo una fascia di prestazioni accettabile, che tenga conto degli errori sperimentali e dell'influenza di altri fattori oltre al Dae (Vincent, 1993; Liden, 1994; Prodi, 1994). Queste nuove norme, quindi, costituiscono il riferimento per la determinazione dell'esposizione alle frazioni di particelle aerodisperse che hanno una effettiva rilevanza su specifici effetti sanitari e sono applicabili nel caso degli ambienti di lavoro e di vita.

Nella Tabella 1 vengono riportati dei tipici esempi di polveri nocive e delle relative frazioni che occorre determinare in funzione degli effetti sanitari piu' rilevanti.

Tabella 1

Esempi di effetti sanitari determinati dall'esposizione a vari tipi di polveri

Tipo di polvere	Principali effetti sanitari	Organo bersaglio	Frazione responsabile
Silice cristallina	Silicosi (fibrosi polmonare); progressiva e irreversibile patologia restrittiva del polmone; Tumore polmonare	Regioni di scambio gassoso, alveolari e bronchiali; polmone	Respirabile e toracica
Carbone	Pneumoconiosi da carbone; patologia restrittiva del polmone	Regioni di scambio gassoso, alveolari; polmone	Respirabile
Amianto	Asbestosi; tumore polmonare; mesotelioma	Regioni di scambio gassoso, alveolari e bronchiali; polmone	Respirabile e toracica
Piombo	Intossicazione sistemica (sangue e sistema nervoso centrale)	Attraverso il sistema respiratorio nel flusso sanguigno	Inalabile
Manganese	Intossicazione sistemica (sangue e sistema nervoso centrale)	Attraverso il sistema respiratorio nel flusso sanguigno	Inalabile
Legno	Tumore nasale causato da alcuni tipi di legni duri	Vie aeree nasali	Inalabile
Cotone	Bissinosi; patologia polmonare ostruttiva	Polmone	Toracica
Zucchero di canna secco	Bagassosi (alveolite allergica estrinseca)	Polmone	Respirabile
Cemento	Dermatosi	Pelle	Particelle di tutte le dimensioni
Pentaclorofenolo	Tossicita' sistemica	Attraverso la pelle nel flusso sanguigno	Particelle di tutte le dimensioni

In generale appare evidente che la frazione di polveri che occorre controllare dipende dalla regione dell'organo respiratorio in cui l'effetto patogeno si sviluppa. In tal modo, quando l'effetto sanitario negativo si sviluppa nella regione alveolare (pneumoconiosi), la frazione di interesse e' quella respirabile, mentre la frazione inalabile interessa quando il distretto dell'organo respiratorio oggetto del potenziale effetto sanitario e' rappresentato dalle prime vie respiratorie, come ad esempio le regioni nasali nel caso delle polveri di legno duro, classificate come cancerogeni per il setto nasale. Le nuove definizioni costituiscono la base scientifica per valutare gli effetti sanitari derivanti dall'esposizione alle particelle aerodisperse negli ambienti di lavoro (e anche di vita) e, quindi, per elaborare valutazioni di rischio e derivare i valori limite di esposizione (Marconi, 1997). In questo lavoro vengono presentate e discusse le nuove norme e le implicazioni che derivano dalla loro pratica applicazone.

Gli strumenti per il campionamento

Nel caso del prelievo della frazione inalabile, che va a sostituire la vecchia frazione totale delle polveri aerodisperse, sono stati progettati e commercializzati strumenti in grado di effettuare i prelievi conformemente alle nuove specifiche (ad esempio il campionatore IOM). L'impiego di questi strumenti negli ancora limitati studi comparativi condotti in laboratorio tra vari paesi europei (Kenny e al, 1997) e in alcuni ambienti lavorativi (Vincent, 1995; Kenny, 1996; Werner e al, 1996) ha mostrato che i livelli di esposizione misurati con i nuovi campionatori (frazione inalabile) superano generalmente quelli eseguiti in parallelo con i vecchi tipi di campionatori (polvere totale).
Nella Tabella 2 vengono riportati i fattori di conversione tra campionatore di tipo IOM e cassetta per il prelievo della "polvere totale" finora ricavati dai primi studi comparativi condotti in diversi ambienti industriali.

Tabella 2

Fattori di conversione suggeriti per trasformare in termini di polveri inalabili, misurate con il campionatore IOM, i dati di esposizione per le polveri totali, misurate con le cassette da 37 mm, in diversi settori industriali (riadattato da Werner e al, 1996).

Classificazione aerosol/Tipo di industria		Fattore di conversione suggerito
Polveri		2.5
	Miniere	
	Cave	
	Manipolazione/Trasporto di agglomerati in massa	
	Tessili	
	Manipolazione farine e semi	
	Altre attivita' simili	
Nebbie		2.0
	Oli e fluidi taglio e lubrificazione	
	Vernici a spruzzo	
	Processi elettrolitici	
	Altre attivita' simili	
Processi a caldo		1.5
	Fonderie	
	Raffinazione fusione metalli	
	Altre attivita' simili	
Saldatura		1.0
	Tutte	
Fumi		1.0
	Tutte	

Occorre sottolineare che i risultati di ulteriori esperimenti pubblicati nel corso del 1999, hanno evidenziato come la curva di inalabilita' e l'efficienza di campionamento per la frazione inalabile, in condizioni di bassissime velocita' dell'aria esterna (inferiori a 0.5 m s^{-1}), condizioni piu' rappresentative di quelle realmente esistenti negli ambienti interni, siano sensibilmente piu' elevate che in condizioni di aria in movimento (Aitken e al, 1999; Kenny e al, 1999). Cio' comporterebbe la modifica della curva corrispondente alla convenzione per la frazione inalabile in ambienti con bassa movimentazione dell'aria, e, per i campionatori esistenti, si otterrebbe una migliore sovrapposizione della loro curva di efficienza nei confronti della nuova curva di inalabilita' (Kenny e al, 1999).
Il decreto legislativo 25 febbraio 2000, n. 66 (D.Lgs., 2000), nel quale vengono attuate due

precedenti direttive europee e vengono stabiliti valori limitre di esposizione per benzene, cloruro di vinile e polveri di legno, e' il primo atto legislativo in cui viene introdotto il riferimento esplicito alla necessita' di misurare la frazione inalabile per la valutazione di conformita' al limite di esposizione professionale. E' questo un tipico esempio dell'applicazione della definizione di frazione inalabile, giustificato, in tal caso, dal fatto che le polveri di legno possono avere un'azione patogena maligna a carico dei seni nasali. In tal caso, quindi, la regione di interesse nell'organo respiratorio e' quella extratoracica, comprendente le prime vie aeree. Inoltre, avendo le polveri di legno per la maggior parte diametri aerodinamici piuttosto grandi, esse tendono a depositarsi preferenzialmente nella regione respiratoria richiamata.
Il monitoraggio della frazione toracica ha ricevuto finora poca attenzione da parte dell'igiene industriale, percio', non esistono praticamente TLV basati su questo parametro e gli strumenti disponibili per il campionamento personale sono pochissimi. L'importanza del prelievo di questa frazione e' determinata dalle recenti evidenze scientifiche che suggeriscono una serie di effetti sanitari negativi a carico dell'apparato respiratorio e cardiovascolare da parte delle particelle con dimensioni aerodinamiche al di sotto di 10 µm (WHO, 2000; Pope, 2000). Queste evidenze sono emerse essenzialmente nel caso dell'inquinamento delle aree urbane. La convenzione per la frazione toracica, definita negli USA PM_{10}, usata per il monitoraggio della qualita' dell'aria e' simile, ma non perfettamente sovrapponibile alla curva corrispondente alla convenzione toracica indicata dall'ISO-CEN-ACGIH. Le due curve, mostrate nel Grafico 2, hanno lo stesso Dae di taglio al 50% (10µm), ma la convenzione PM_{10} decresce piu' ripidamente per le particelle con dimensioni maggiori.
Di conseguenza per un aerosol costituito solo da particelle piccole, strumenti ottimizzati per seguire le due convenzioni forniranno risultati simili, mentre per particelle di dimensioni maggiori si potranno ottenere risultati differenti. Tuttavia gli studi sperimentali hanno mostrato che nel caso dei campionatori per la frazione toracica risulta accettabile un margine di escursione piu' ampio di quello consentito per il campionamento della frazione respirabile (Kenny, 1996).
Per cio' che riguarda il concetto di polvere respirabile, esso fu introdotto per effettuare la valutazione del rischio di esposizione alle polveri potenzialmente pericolose per la regione di scambio gassoso polmonare. L'idea di polvere respirabile fu originalmente formulata dal British Medical Research Council (BMRC). Nel 1952 esso elaboro' una definizione di polvere respirabile identificandola come la concentrazione in massa delle particelle che passavano oltre un elutriatore orizzontale con un taglio o *cut-off* (diametro a cui si ha il 50% di penetrazione o d_{50}) approssimante la dimensione di taglio della regione di scambio gassoso (Davies, 1961). Lo stesso riferimento fu adottato dalla Conferenza Internazionale sulle Pneumoconiosi di Johannesburg nel 1959. Nel 1961 la U.S. Atomic Energy Commission (AEC) ed il Los Alamos Scientific Laboratory (LASL) formularono la loro versione di polvere respirabile, conosciuta come la curva AEC-LASL. Questa curva rappresentava un modello di penetrazione delle particelle nella regione alveolare migliore di quello proposto dalla BMRC (Lippmann, 1995). Nel 1968 la convenzione di campionamento dell'AEC fu adottata dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) (ACGIH, 1968).

Sulla base di questi riferimenti sono stati sviluppati nella pratica essenzialmente due tipi di campionatori per la frazione respirabile, aventi una diversa dimensione di *cut-off*, ma basati ambedue sul principio di separazione ciclonica: il ciclone di tipo Casella o SIMPEDS (BMRC) avente la dimensione di taglio a 5 µm e il ciclone di nylon (ACGIH) con una dimensione di taglio a 3.5 µm (Marconi e Cavariani, 1998).

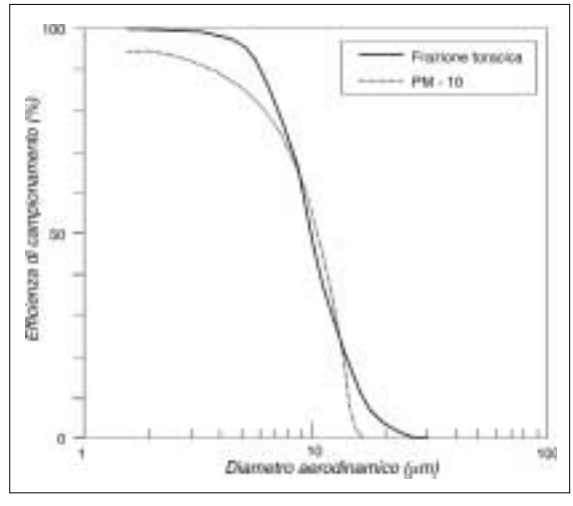


Grafico 2. Confronto tra le curve di efficienza di campionamento per la frazione toracica (PM10) secondo l'ISO-CEN-ACGIH e secondo l'EPA.

Nel Grafico 3 vengono illustrate le tre curve di accettabilita' per il campionamento della frazione respirabile discusse in precedenza. Esse presentano caratteristiche simili, ma non identiche, e la forma delle curve differisce poiche' esse sono basate su differenti tipi di campionatori. Le curve che forniscono l'andamento dell'efficienza di campionamento in funzione della portata e del diametro aerodinamico per il tipico ciclone di nylon e per il ciclone di tipo Casella sono mostrate nel Grafico 4.

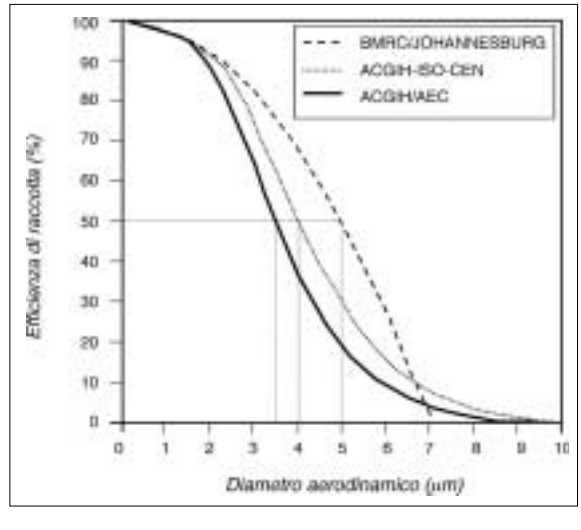


Grafico 3. Confronto tra le curve di efficienza di campionamento per la frazione respirabile secondo i precedenti ed i nuovi criteri di riferimento.

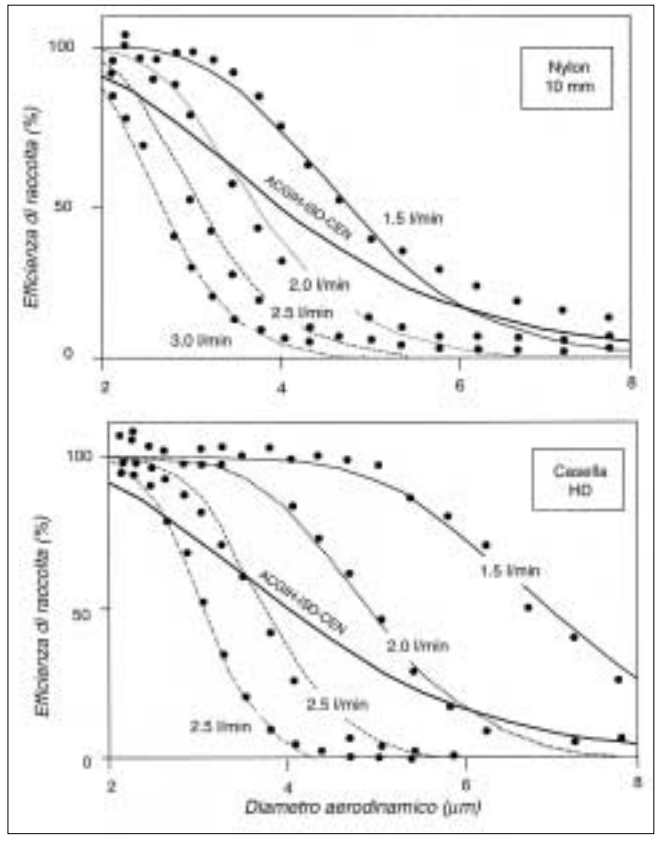


Grafico 4. Variazione dell'efficienza di campionamento in funzione della portata e del diametro aerodinamico per il ciclone di nylon e per il ciclone tipo Casella confrontate con la curva di riferimento ISO-CEN-ACGIH.

Recenti studi sperimentali effettuati da diversi autori hanno concluso che il ciclone di nylon da 10 mm approssima in modo accettabile i nuovi criteri ISO-CEN-ACGIH per il campionamento della frazione respirabile, quando viene utilizzato ad una portata di 1.7 l/min (vedi Grafico 5), mentre per il ciclone di tipo Casella si ottiene la migliore sovrapposizione con una portata di 2,2 l/min (Liden, 1993; Liden e Kenny, 1993; Liden e Gudmundsson, 1996, 1997). Questi risultati hanno indotto l'ACGIH ad inserire la raccomandazione di usare il ciclone di nylon alla portata di 1.7 l/min per il prelievo della frazione respirabile (ACGIH, 2000). Lo stesso NIOSH nella IV edizione del Manuale sui metodi analitici ha adottato queste impostazioni per il prelievo della frazione respirabile delle polveri aerodisperse, contenenti o no SiO_2 (NIOSH, 1994). Tuttora proseguono gli studi mirati all'ottimizzazione delle prestazioni degli strumenti per il campionamento della frazione respirabile, in modo tale da ottenere la migliore sovrapposizione della

curva di penetrazione con la convenzione (Liden e Gudmundsson, 1996, 1997; Marconi e Cavariani, 1998).

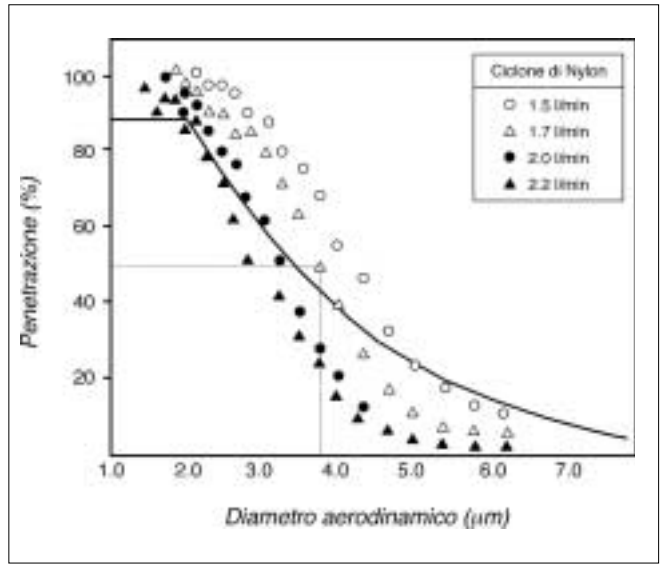


Grafico 5. Curve di penetrazione del ciclone da 10 mm di nylon a diverse portate confrontate con la curva di riferimento ISO-CEN-ACGIH.

Implicazioni sui valori limite di esposizione

Questi risultati pongono dei problemi nel processo di derivazione di nuovi limiti di esposizione lavorativa (LEL) per le particelle aerodisperse basati sui concetti introdotti dalle nuove definizioni. Ad esempio, quando gli effetti sanitari rilevanti delle polveri aerodisperse riguardano in particolare i polmoni, sarebbe piu' appropriato riferirsi alla frazione toracica, mentre nel caso di polveri con effetti tossici estesi alle mucose nasali o al sistema digerente (oppure con effetti sanitari sconosciuti), allora la frazione rilevante dovrebbe essere quella inalabile.
Nel processo evolutivo verso nuovi limiti di esposizione lavorativi (LEL), e' necessario, quindi, considerare i potenziali effetti sanitari caso per caso al fine dell'identificazione della frazione piu' appropriata da misurare. Nel caso della convenzione respirabile, per i paesi che seguivano la curva di respirabilita' del BMRC (detta di Johannesburg e adottata nelle direttive comunitarie recepite in Italia con il D.Lgs. 277/91), l'impatto delle nuove procedure di campionamento produrrebbe un cambiamento nei livelli di esposizione misurati, e, quindi, la necessita' di modificare i limiti di esposizione. Il decremento medio del 20% riscontrato nelle concentrazioni di polveri respirabili misurate con i nuovi strumenti (Liden e Gudmundsson, 1996), infatti, costituirebbe un rilassamento dello standard igienistico, se non venisse ridotto anche il limite di esposizione. Occorre anche considerare che una differenza del 20% nella concentrazione potrebbe essere di limitata rilevanza di fronte alle notevoli incertezze associate al campionamento negli ambienti di lavoro. Questo problema viene ritenuto irrilevante per i paesi che usano il sistema di campionamento basato sul ciclone da 10 mm (come gli USA) e, quindi, non si por-

rebbe la necessita' di modificare il limite di esposizione. In Italia la situazione risulta piu' complicata, in quanto, almeno fino agli inizi degli anni 90, sono stati usati campionatori per la frazione respirabile di diverso tipo, ma prevalentemente calibrati sul modello della curva ACGIH. Cio' e' avvenuto in mancanza di una normativa tecnica specifica e generale nazionale nel settore dell'igiene del lavoro. Successivamente al disposto del D.Lgs. 277/91 l'orientamento si e' lentamente spostato sull'utilizzo di campionatori per la frazione respirabile conformi alla curva di Johannesburg, mentre la quasi contemporanea introduzione delle nuove norme UNI-CEN ha contribuito ad aggiungere ulteriori elementi di incertezza in una situazione gia' confusa.
Per la frazione inalabile il problema della modifica del TLV presenta aspetti piu' complessi. Infatti la frazione denominata polvere "totale" ha una definizione diversa (e un TLV diverso) in ogni paese ed e' in pratica definita da cio' che viene prelevato dal tipo di strumento usato in ciascun paese, senza considerare la sua effettiva efficienza di campionamento nelle varie condizioni. La maggior parte dei campionatori in uso per la frazione "totale", nelle prove sperimentali effettuate, hanno fornito risultati, in termini di efficienza, situati in una posizione intermedia tra le due nuove frazioni toracica e inalabile. Inoltre, i risultati finora ottenuti dalle prove comparative sul campo (Werner e al, 1996; Liden e al., 2000) hanno evidenziato come i livelli di esposizione misurati con il nuovo criterio di campionamento basato sull'inalabilita' siano maggiori di quelli relativi alla misura della polvere totale. Si pone, quindi, il problema di derivare degli appropriati fattori di conversione. Come e' stato sottolineato nei primi studi sperimentali, la conversione dei LEL basati sul concetto di polvere totale in LEL riferiti alla frazione inalabile, potra' essere effettuata solo sulla base dei risultati di studi comparativi tra i tipi piu' diffusi di campionatori per la polvere totale e gli strumenti progettati per il prelievo della frazione inalabile, e sull'analisi della distribuzione dei livelli di esposizione personale in tal modo ottenuti nei vari settori lavorativi e per le diverse mansioni (Liden e al., 2000),

BIBLIOGRAFIA

R.J. Aitken, P.E. Baldwin, G.C. Beaumont, L.C. Kenny, A.D. Maynard: Aerosol inhalability in low air movement environments. *J. Aerosol Sci.* 30 (5): 613-626 (1999).

American Conference Of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): Treshold Limit Values for Airborne Contaminants for 1968, p. 17. ACGIH, Cincinnati (1968).

American Conference Of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents - Biological Exposure Indices 2000. ACGIH, Cincinnati, 2000.

Davies C.N.: Ed. *Inhaled Particles and Vapors I.* Oxford, Pergamon Press (1961). p.475.

Decreto Legislativo 25 febbraio 2000, n. 66: Attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, che modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro. Gazzetta Ufficiale R.I. . Serie generale n. 70 del 24.3. 2000.

Kenny L.C.: Developments in workplace aerosol sampling: a review. *Analyst* 121: 1233-1239 (1996)

L.C. Kenny, R. Aitken, P.E. Baldwin, G.C. Beaumont, A.D. Maynard: The sampling efficiency of personal inhalable aerosol samplers in low air movement environments. *J. Aerosol Sci.* 30 (5): 627-638 (1999).

L.C. Kenny, R. Aitken, C. Chalmers, J.F. Fabries, E. Gonzalez-Fernandez, H. Kromhout, G. Liden, D. Mark, G. Riediger, V. Prodi: A collaborative european study of personal inhalable aerosol sampler performance. *Ann. Occup. Hyg.* 41 (2): 135-153 (1997).

G. Liden: Evaluation of the SKC personal respirable dust sampling cyclone. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 8 (3): 178-190 (1993).

G. Liden, L.C. Kenny: Optimization of the performance of existing respirable dust samplers. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 8 (4): 386-391 (1993).

G. Liden: Performance parameters for assessing the acceptability of aerosol sampling equipment. *Analyst* 119: 27-33 (1994).

G. Liden, A. Gudmundsson: Optimization of a cyclone to the international sampling convention for respirable dust. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 11 (12): 1398-1408 (1996).

G. Liden, A. Gudmundsson: Semi-empirical modelling to generalise the dependence of cyclone collection efficiency on operating conditions and cyclone design. *J. Aerosol Sci.* 28 (5): 853-874 (1997).

G. Liden, B. Melin, A. Lidblom, K. Lindberg, J.O. Noren: Personal sampling in parallel with open-face filter cassettes and IOM samplers for inhalable dust – Implications for occupational exposure limits. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 15 (3): 263-276 (2000).

Lippmann M.: Exposure assessment strategies for crystalline silica health effects. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 10 (12): 981-990 (1995).

Marconi A.: Campionamento di particolato atmosferico aerodisperso: le frazioni dimensionali di interesse sanitario ed i sistemi di prelievo. In: Atti del Convegno "*Le Giornate di Corvara",* Ed. R. Vistocco, Corvara, 19-22 marzo 1997, AIDII Sez. Triveneta-Provincia Autonoma Bolzano (1997). pp. 67-74.

Marconi A., F. Cavariani: Il problema del campionamento della frazione respirabile di polvere aerodispersa per la determinazione dell'esposizione a silice cristallina: nuovi orientamenti. In: Atti del 17° Congresso Nazionale AIDII. *Le Collane della Fondazione Maugeri – I Documenti 16, Pavia*, (1998). pp. 74-78.

NIOSH: *Manual of Analytical Methods*, Fourth Edition, 15/8/1994.

T.L. Ogden, J.L. Birkett: The human head as a dust sampler. In: *Inhaled Particles IV*, W H Walton Ed. Pergamon Press, Oxford, pp. 93-105 (1977).

Pope Arden C.: III. Review: epidemiological basis for particulate air pollution health standard. Aersol Sci. Technol. 32: 4-14 (2000).

Prodi V.: Monitoraggio delle polveri. *G. Ig. Ind.* 19 (2): 25-30 (1994).

UNI-CEN Norma Europea: EN 481, Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse, ottobre (1994).

UNI-ISO 7708-Norma Italiana: Qualita' dell'aria. Definizioni delle frazioni granulometriche per il campionamento relativo agli effetti sanitari. UNI, settembre (1998).

Vincent J.H.: Perspectives on international standards for health-related sampling of airborne contaminants. *Appl. Occup. Environ. Hyg*. 8 (4): 233-238 (1993).

Vincent J H.: Progress toward implementation of new aerosol industrial hygiene standards, with special reference to the aluminium industry. *Sci. Total Environ*. 163: 3-9 (1995).

M.A. Werner, T.M. Spear, J.H. Vincent: Investigation into the impact of introducing workplace aerosol standards based on the inhalable fraction. *Analyst* 121: 1207-1214 (1996).

World Health Organisation: *Guidelines for Air Quality*. WHO/SDE/OEH/00.02. Geneva, WHO, 2000.

AGRICOLTURA: UNA PIÙ EFFICACE VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE

*A. Menicocci**
* INAIL - Direzione Regionale Toscana - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Una corretta valutazione dell'esposizione al rumore per gli operai addetti al settore agricolo è assai difficile a causa della variabilità e della stagionalità delle attività svolte.
La mancanza di un'adeguata banca di dati a cui attingere per la valutazione del rischio assicurato in campo agricolo è stata la causa che ha spinto questa CON.T.A.R.P a raccogliere informazioni sulle colture agricole più diffuse nella Regione Toscana ed ad individuare per ciascuna di esse le attività svolte, i tempi d'esecuzione e la tipologia dei macchinari impegnati.
E' noto, infatti, che la conoscenza dei tempi d'esecuzione delle attività agricole e dei livelli d'emissione dei macchinari agricoli consente di valutare il livello d'esposizione personale giornaliera del lavoratore a rumore e di conseguenza l'entità del rischio, a cui egli è o è stato soggetto.
D'altro canto la variabilità delle lavorazioni agricole non consente di determinare un valore del livello d'esposizione personale giornaliera (Lep,d) o settimanale (Lep,w), che sia sufficientemente costante nel tempo da essere rappresentativo dell'attività lavorativa svolta nel corso dell'intero anno, come richiesto dal DL.vo 277/91.
Ai fini di una valutazione del rischio, pertanto, si è fatto riferimento al Livello d'esposizione personale annuo, Lep,a, sfruttando così il principio dell'uguale quantità d'energia: vale a dire ciò che conta non è la dose giornaliera di energia acustica, ma quella totale assorbita dal lavoratore nel corso dell'intero anno.

Introduzione

La variabilità nel tempo e nella tipologia delle lavorazioni agricole rende assai difficile la definizione di un criterio unico ed atto stabilire il livello dell'esposizione personale al rumore per gli addetti al settore agricolo.
I criteri di valutazione stabiliti dal ***D.Lgs. 277/91***, dal canto loro, sono piuttosto limitati nelle loro modalità applicative, in quanto essi fanno riferimento ad un livello di esposizione personale giornaliero (Lep,d), che presuppone la costanza nel tempo dei fenomeni rumorosi, anche per periodi prolungati negli anni.
Nel tentativo di mediare le diverse esigenze delle molteplici attività lavorative esistenti sul territorio nazionale, l'attuale normativa arriva ad accettare una variabilità nel tempo dei fenomeni sonori su base settimanale anziché giornaliera. Ciò, tuttavia, non è ancora sufficiente a descrivere dal punto di vista quantitativo l'entità del rischio di ipoacusia nel settore agricolo, per il quale è dimostrata una variabilità temporale delle lavorazioni superiore ai cinque o sette giorni.

Scopo

Lo scopo di questo lavoro è di fornire informazioni e dati utili per l'accertamento dei rischi di malattie professionali collegati allo svolgimento dell'attività agricole, tramite la determinazione dei tempi necessari allo svolgimento delle singole operazioni colturali.

L'indagine è stata svolta con riferimento alle specifiche coltivazioni presenti sul territorio toscano: mais, frumento, barbabietole da zucchero e girasole.

Metodo

Il metodo usato è semplice: una ricerca in letteratura delle informazioni utili atte a definire il tipo di coltivazioni agricole presenti nella Regione Toscana, le caratteristiche delle principali lavorazioni da queste richieste e i tempi d'utilizzo dei diversi macchinari.
Grazie a tale lavoro è stato possibile individuare per le singole attività e per le diverse tipologie di colture impiantate le ore annue necessarie al completamento delle operazioni colturali, per ettaro di terreno coltivato.
I risultati sono stati inseriti in tabelle riassuntive redatte per ciascuna coltura e la loro attendibilità è stata sincerata con il confronto dei valori riportati da alcune indagini fonometriche, allegate alle pratiche di malattia professionale per ipoacusia, pervenute alla nostra sede.

Lavorazioni e colture agricole

Attività Agricole: Preparazione del terreno

Il terreno agrario è un substrato composto da una fase solida: pietre di piccole, medie e grandi dimensioni, dette scheletro, e aventi diametro superiore ai 2 mm e terra fine, fatta di particelle di diametro inferiore ai 2 mm e classificate come sabbia, argilla, e limo. A questi elementi si aggiunge, anche se in minor misura la sostanza organica.
La parte solida rappresenta circa il 50% del volume del terreno agrario, mentre la restante parte è occupata da spazi vuoti, nei quali sono presenti acqua e aria.
In base al contenuto di sabbia, limo ed argilla, i terreni agricoli sono classificati in: sciolti, di medio impasto o "franchi" e tenaci.
I terreni "sciolti" hanno un contenuto di sabbia superiore al 50% e una piccola percentuale d'argilla. Essi sono permeabili, incoerenti e poco deformabili e presentano una scarsa resistenza alla lavorazione.
I terreni "franchi" hanno un contenuto in sabbia sempre inferiore al 50% e un contenuto variabile di limo e argilla; essi, presentano, inoltre, una media resistenza alla lavorazione.
I terreni "tenaci" sono poco permeabili, deformabili e caratterizzati da un'elevata resistenza alla lavorabilità.
Nella lavorazione di un terreno agricolo, qualunque sia la sua composizione, alcune attività sono individuate come principali e hanno lo scopo di preparare il terreno all'impianto della coltura (formazione del letto di semina) ed al successivo sviluppo delle plantule. Tali attività consistono essenzialmente nell'interramento delle erbe infestanti e dei loro semi, nello sgretolamento del terreno, al fine di renderlo idoneo al radicamento delle colture, e nella creazione di uno strato superficiale amminutato che abbia un buon contatto con il seme. Tali lavorazioni sono le seguenti:

Aratura -: Essa è la principale lavorazione agricola e consiste nel rovesciamento completo della fetta di terreno: si esegue tramite trattori agricoli (vedi Tab.F.), che possono operare a diversi livelli di profondità' (0.50÷0.20 m).

Erpicatura -: I lavori di erpicatura e livellamento sono successivi all'aratura e consistono in una

frantumazione ulteriore del terreno fino a profondità di 0.20 m per renderlo più soffice. L'erpicatura è realizzata per creare le condizioni ottimali per la semina e il successivo sviluppo delle plantule; le attrezzature cui si fa ricorso sono molteplici e variano dalle erpicatrici rotanti al frangizolle,utilizzate secondo la natura del terreno (argilloso, sabbioso etc)

Semina: Segue l'erpicatura ed è l'operazione più delicata in quanto da essa dipende la buona riuscita delle plantule. La semina, come l'aratura è eseguita tanto per le colture tradizionali (cereali, mais etc) quanto per le foraggere, destinate a creare foraggi e paglia per usi di varia natura. Le macchine impiegate sono generalmente delle "Seminatrici Universali", cosiddette perché in grado di distribuire una vasta scala di sementi diverse per quantità e per qualità.

Concimazione: Per migliorare la capacita' nutritiva del terreno si procede alla concimazione, mediante aggiunta di sostanze fertilizzanti a base d'azoto, potassio e fosforo. Le macchine utilizzate per la distribuzione del concime prendono il nome di spandiconcime e possono essere di due diverse tipologie secondo il principio di funzionamento: centrifughe o pneumatiche.

Mietitrebbiatura: all'epoca della maturazione del cereale si procede alla mietitura, che consiste nel taglio delle piante e nella separazione della granella dalla paglia. Tale operazione deve essere completata entro 15-20 gg al massimo, per evitare forti perdite nel raccolto e può essere effettuata solo in determinate ore della giornata lavorativa, tipicamente dalle ore 9 del mattino alle 10 della sera, per evitare che l'umidità dell'aria alteri la granella e ne comprometta la macchinabilità.

Trinciapaglia: Dalla mietitrebbiatura si ottiene la paglia che può essere accumulata in pagliai o pressata in balle oppure interrata con macchine trincia-paglia per restituire al terreno parte delle sostanze organiche perdute.

Frumento

Il frumento è una pianta annuale (biennale in certe varietà), il cui ciclo può essere diviso in varie fasi: germinazione ed emergenza, accestimento, levata, fioritura e granigione. Esso richiede alcuni lavori preparatori che hanno lo scopo di formare il letto di semina e possono essere così riassunti:
interramento delle erbe infestanti e dei loro semi, dei residui delle colture precedenti e dei concimi fosfo-potassici.
sgretolamento del terreno in modo da renderlo più soffice e adatto all'attecchimento dell'apparato radicale.
Essi sono realizzati con aratri monovomere, che rivoltano il terreno fino a 0.35-0.45 m di profondità e con ripetuti passaggi d'estirpatori e d'erpici. In generale, i lavori di preparazione del terreno (dall'aratura alla semina) richiedono dalle sei alle otto ore per ettaro e per anno, salvo che non si producano cereali con lavorazioni minime che richiedono solo 1-1,5 ore/ettaro. Esse sono possibili solo se la coltivazione precedente ha richiesto particolari cure per la preparazione del terreno, che risulta così ricco di sostanze organiche e pertanto pronto per l'impianto di nuove colture.
La semina ha luogo in autunno ed è eseguita tramite seminatrici trainate o semi-trasportate che si suddividono secondo le diverse modalità di distribuzione in:
- *seminatrici a gravità per cilindri scanalati (dette "Seminatrici Universali")*
- *seminatrici pneumatiche*
Le seminatrici trainate hanno una larghezza della barra falciante variabile tra 1,5 m e 4m e una

velocità di avanzamento compresa tra i 4 e gli 8 Km/h; quelle semi-trasportate vanno dai 2 ai 6 metri di larghezza e consentono velocità dai 6 ai 10 km/h.
Le tecniche di concimazione per il frumento ricorrono a tre diverse coperture (vale a dire tre ripetuti passaggi d'erpice): una prima dell'accestimento, nel momento in cui sono generate le foglie laterali che produrranno altre spighe: essa viene effettuata nel mese di gennaio e con quota modesta.
Un'altra è effettuata in fase di viraggio, a metà febbraio, quando l'apice della spiga cessa di fogliare e una terza prima della levata, a metà marzo.
La raccolta varia con la latitudine e l'altitudine; in media essa ha luogo nella prima metà di Giugno nelle Regioni Centrali, tra la fine di Giugno e gli inizi di Luglio nelle Settentrionali. Essa varia pure secondo diversi fattori: epoca della semina, andamento stagionale, ma in linea di massima tra un tipo di varietà e l'altra esistono al massimo 4-6 giorni di differenza.
La raccolta viene eseguita tramite due operazioni fondamentali che sono la mietitura, ossia il taglio delle piante e la trebbiatura ossia la separazione dei granelli dalla paglia e dalla pula.
Il taglio viene eseguito con macchine mietitrici o tramite mieti-legatrici che eseguono contemporaneamente il taglio e la legatura. Le macchine più diffuse sono le mietitrebbiatrici, che realizzano contemporaneamente le operazioni di mietitura e trebbiatura. Queste macchine, semoventi, sono di potenza compresa tra i 45 CV e 120 CV, ed hanno una capacità lavorativa intorno ai 2000-2500 metri quadri/ora* metro di barra falciante.

Nella tabella che segue sono riportati i tempi di massima d'impiego dei macchinari agricoli per ogni singola lavorazione come risultano da materiale bibliografico

Tabella A

Tempi di utilizzo delle macchine agricole per la lavorazione di un ettaro di terreno a ***Grano Tenero*** *nell'Italia Centro-Settentrionale.*

LAVORAZIONE	*Periodo*	*Ore/Ettaro*	*Tipo Macchinario*
Aratura: Lavorazione a 0.30 m	Agosto	**5.3**	Aratro monovomere
Estirpatura	Settembre	**3.5**	Estirpatore
Concimazione	Settembre Gennaio-Marzo	**1.3** **2.5**	Macchina Spandiconcime (a distribuzione centrifuga)
Diserbo	-	**0.5**	Irroratrice da diserbo
Semina	Prima metà di Novembre	**2.5**	Seminatrice Universale: Vs:4-8 Km/h Ls=1.5-4 m
Raccolta	Metà Giugno	**0.8**	Macchine Mietitrebbiatrici Potenza: 45 CV e 120 CV Vm= 2000-2500 m^2/ore*m barra

Note:

Ls: Larghezza barra seminatrice
Vs: Velocità della Seminatrice;
Vm: Velocità della macchina mietitrebbiatrice, espressa in metri quadri/ore*metro di barra falciante

Barbabietola da zucchero

La barbabietola è una tipica coltura sarchiata e di solito apre la rotazione tra due cereali: tipicamente essa precede e segue il frumento. Essa richiede una lavorazione profonda del terreno, fino a 0.50 m e un'accurata lotta alle erbe infestanti.
Tale coltura è a ciclo biennale: nell'anno della semina rimane in fase vegetativa formando un ricco apparato fogliare e accumulando saccarosio nel fittone, che s'ingrossa formando il cosiddetto tubero, nel secondo anno la pianta sale a fiore e fruttifica, dopo aver subito la vernalizzazione. Nelle piante destinate alla produzione di zucchero essa è lasciata compiere solo la fase vegetativa: alla fine dell'estate del primo anno la pianta viene raccolta quando il contenuto di saccarosio nelle radici e' massimo e si ha la cosiddetta maturazione industriale della barbabietola.
In condizioni normali di coltura a ciclo primaverile-estivo tra la semina e l'emergenza trascorrono 15-20 giorni, si hanno quindi 50-55 giorni di crescita relativamente lenta, durante i quali la radice si sviluppa in profondità, ma resta esile e sottile, mentre l'apparato fogliare ha un ricco accrescimento. Successivamente e per un paio di mesi si ha l'accrescimento sia delle foglie sia delle radici, che continua fino alla meta' di settembre. In Italia la barbabietola è coltivata come seminativo asciutto in terreni ad alta capacità idrica.
L'aratura può essere realizzata con un aratro ripuntatore o tramite lavorazione a due strati con scarificatura superficiale e quindi profonda. Essa ha inizio nel periodo estivo, pre-autunnale, e tramite operazioni complementari di fresatura ed erpicatura si protrae fino alla semina, che ha luogo nel mese di marzo. Poiché la tempestività della semina è importante fattore di successo per la barbabietola, e' necessario che i terreni siano ben sistemati idraulicamente ossia divisi in campi separati da fossi di scolo in grado di evacuare rapidamente il terreno dalle acque piovane.
Prima che si disponesse di diserbanti selettivi la lotta alle erbe infestanti era effettuata tramite sarchiature a mano o macchina: attualmente il controllo è effettuato tramite prodotti chimici e eseguito in pre-emergenza prima della semina e incorporandolo superficialmente con l'ultima leggera erpicatura.
Le operazioni di raccolta consistono nello scollettamento, nell'estirpamento, in una sommaria pulitura del terreno e nel caricamento. In passato essa era fatta a mano, oggi e' completamente meccanizzata e avviene tramite macchine scollettatrici che tagliano con una lama orizzontale fissa o ruotante la testa delle radici e scansano lateralmente le foglie e i colletti; oppure è fatta con macchine sfogliatrici che triturano le foglie mediante flagelli. Tali macchine sono più veloci e regolari delle scollettatrici.
L'estirpamento e' eseguito tramite un attrezzo costituito da due vomeri o dischi contrapposti che convergono posteriormente: le barbabietole entrano nell'organo estirpatore e rimangono incastrate nella parte più stretta. Dietro l'organo estirpatore e' montata una girante grigliata che favorisce il distacco delle radici dalla terra e un dispositivo allineatore che allinea delle radici delle varie file affinché possano essere raccolte e caricate. Il caricamento è fatto con macchine raccoglitrici o meglio raccogli-netta-caricatrici. Da queste le radici possono essere scaricate lateralmente su rimorchi che avanzano parallelamente o caricate su contenitori facente parte della stessa macchina per essere scaricate in cumulo sulla testata del campo.
La sequenza: scollettatrice o sfogliatrice, estirpa-allineatrice e raccogli-caricatrice può essere eseguita separatamente (a cantieri separati) o contemporaneamente (a cantieri riuniti).
Il sistema di raccolta a cantieri separati viene cosiddetto perché eseguito con macchine diverse e indipendenti che lavorano su parecchie file contemporaneamente ed è impiegato nel caso di terreni molto estesi.
L'altro a cantieri riuniti è impiegato per piccole aziende bieticole , per terreni di collina e per piccole unità colturali. Le macchine impiegate, dette cavabietole, sono complicate e hanno una

limitata capacità lavorativa perché hanno al massimo due, tre file e avanzano molto lentamente e permettono di raccogliere 1-1,5 ettari per ogni fila impegnata.

Nella tabella che segue sono riportati i tempi di massima d'impiego dei macchinari agricoli per ogni singola lavorazione come risultano da materiale bibliografico

Tabella B

Tempi di utilizzo delle macchine agricole per la lavorazione di un ettaro di terreno a ***Barbabietola da Zucchero*** *nell'Italia Centro-Settentrionale*

LAVORAZIONE	*Periodo*	*Ore/Ettaro*	*Tipo Macchinario*
Aratura: 0.50 m lavorazione energica e profonda	Primi di Settembre	**7.5**	Aratro Monovomere
Aratura: 0.15-0.20 m	Novembre- Dicembre	**3.5**	Estirpatore Chisel
Erpicatura: 0.10-0.15 m,	Febbraio	**2.3**	Frangizolle a dischi Erpice a denti
Concimazione	Primi di Settembre Febbraio	**1.5** **1.3**	Macchina Spandiconcime (a distribuzione centrifuga)
Diserbo	- -	**0.7**	Irroratrice da diserbo
Semina	Marzo	**2.5**	Seminatrice Universale- Spandiconcime
Trattamenti	Aprile	**2.5**	Sarchiatrice rotativa
Raccolta	Metà Agosto Metà Settembre	**3** **2.5**	Scollettatrice Raccolta colletti

Girasole

Il Girasole è una pianta da rinnovo a ciclo primaverile-estivo. Esso trova il suo ambiente ideale in zone a limitata piovosità' e prive di possibilità d'irrigazione.
L'aratura è lavorazione principale ed è eseguita a 0.40-0.50 m con aratro ripuntatore o con aratro scarificatore facendo seguire una sarchiatura leggera. Ai fini dell'ottima riuscita della coltivazione è importante avere un buon letto di semina ed evitare manipolazioni del terreno all'epoca della semina. L'erpicatura pesante è pertanto eseguita in autunno e in inverno e il terreno è lasciato riposare fino all'epoca della semina che avviene a metà marzo.
Solo poco prima della semina è possibile usare un erpice leggerissimo per il pareggiamento del letto e l'estirpatura delle ultime plantule. Tale tecnica trova la sua eccezione nei suoli ricchi di limo e sabbia per i quali le operazioni di aratura, erpicatura e semina vanno fatte in rapida successione.

L'emergenza delle plantule si ha i primi di Aprile e la raccolta a metà Agosto: il ciclo dura complessivamente 130 gg annui: Come tutte le piante a ciclo primaverile-estivo il girasole trae enorme vantaggio dalla concimazione organica, la quale migliora le proprietà fisiche: fonte delle sostanze organiche è il liquame che può essere apportato al terreno al momento della lavorazione profonda. In alternativa si ricorre a concimi inorganici che vengono distribuiti prima della semina, ma non molto tempo prima della semina per evitare il dilavamento dei terreni.
La semina del girasole avviene appena la temperatura del terreno ha raggiunto i 10ºC, quindi verso la meta' di marzo nell'Italia Meridionale e verso la fine di marzo in quella Centrale; la semina viene effettuata tramite seminatrice universale di precisione.
Il girasole, grazie alla rapidità del proprio sviluppo, ha un potere soffocante sulle erbe infestanti superiore alle altre colture sarchiate, quali la barbabietola ed il mais; tuttavia, non è pensabile coltivarlo senza difenderlo nelle fasi iniziali del suo ciclo vitale. La lotta meccanica alle erbe infestanti può essere fatta con sarchiature leggere: è pertanto necessario tenere presenti le rapidità di accrescimento in altezza che può impedire tal operazione, per cui spesso si ricorre a diserbanti chimici.

Nella tabella che segue sono riportati i tempi di massima d'impiego dei macchinari agricoli per ogni singola lavorazione come risultano da materiale bibliografico

Tabella C

Tempi di utilizzo delle macchine agricole per la lavorazione di un ettaro di terreno a ***Girasole*** *nell'Italia Centro-Settentrionale*

LAVORAZIONE	*Periodo*	*Ore/Ettaro*	*Tipo Macchinario*
Aratura: (0.40-0.50 m)	Agosto	**7.0**	Aratro Monovomere
Estirpatura	Settembre	**3.5**	Estirpatore
Erpicatura	Marzo	**2.0**	Erpicatore
Concimazione	Giugno	**1.5**	Macchina Spandiconcime (a distribuzione centrifuga)
Diserbo	-	**0.6**	Irroratrice da diserbo
Semina	Primi di Aprile	**1.8**	Seminatrice di precisione
Raccolta	Meta' Agosto-Meta' Settembre)	**0.9**	Mietitrebbiatrici

Mais

Il mais è da sempre considerato un'ottima pianta miglioratrice ed e' seguito e preceduto da una fruttante: tipicamente il frumento.
Il suo potere migliorante è dovuto alle notevoli lavorazioni e concimazioni organiche, che arricchiscono il terreno e lo rendono fertile. La profondità di lavorazione varia con la natura del ter-

reno e con la tecnica che s'intende seguire, asciutta o irrigua: in terre compatte o nel caso di coltura asciutta è eseguita a 0.45-0.50 m, in terre leggere o irrigate essa può essere inferiore ai 0.30-0.35 m.
L'aratura è eseguita nell'estate o non più tardi dell'autunno, affinché gli agenti atmosferici durante la stagione fredda e calda svolgano la loro azione benefica sulla struttura del terreno e favoriscano la formazione di quella struttura soffice che è la garanzia di nascite regolari. Unica eccezione è rappresentata da terreni ricchi di limo, con pessima stabilità di struttura per i quali essa è eseguita in vicinanza della semina.
La lavorazione profonda è fatta di solito con aratro rovesciatore, ma può essere fatta con sistema a due strati: scarificatura profonda e aratura leggera; all'aratura estiva e autunnale seguono lavori di affinamento delle zolle e controllo delle erbacce (erpicature energiche ed estirpature).
Per ciò che concerne la letamazione e la concimazione minerali essa vanno fatte prima dell'aratura o per lo meno prima dell' erpicatura, in modo da interrare bene le sostanze concimanti.
La semina è eseguita in Aprile e va fatta tempestivamente, la lotta alle erbe infestanti è fatta con prodotti chimici perché non è più possibile ricorrere alle sarchiature meccaniche che sono inefficaci.
La raccolta è eseguita quando è raggiunta la maturazione fisiologica che avviene a metà settembre e a fine ottobre. Il sistema più rapido e universalmente diffuso avviene tramite macchine mietitrebbiatrici, che eseguono contemporaneamente la raccolta e la sgranatura. La capacita' lavorativa di una macchina mietitrebbiatrice con testata per mais è 0.3 ettaro/ora per ogni fila della testata.

Nella tabella che segue sono riportati i tempi di massima d'impiego dei macchinari agricoli per ogni singola lavorazione come risultano da materiale bibliografico.

Tabella D

Tempi di utilizzo delle macchine agricole per la lavorazione di un ettaro di terreno a ***Mais*** *nell'Italia Centro-Settentrionale*

LAVORAZIONE	*Periodo*	*Ore/Ettaro*	*Tipo Macchinario*
Aratura: (0.40-0.50 m)	Autunno	**3.8**	Aratro bivomere
Estirpatura	Settembre	**4.2**	Estirpatore
Concimazione	Seconda Metà di Marzo	**1.5**	Frangizolle a dischi Erpice snodato
Semina	Fine Aprile	**1.8**	Seminatrice da grano Max 15-20 gg
Diserbo	-	**0.6**	Irroratrice da diserbo
Raccolta	Metà Settembre	**0.8**	Mietitrebbiatrice da grano
Trinciapaglia	Fine Settembre	**2.5**	Trinciatura stocchi

Tabella E

Tabella riassuntiva dei Kg di combustibile e delle ore di manodopera addetta alle macchine agricole necessari per coltivare un ettaro ad ***Erbaio***

Tipo di Coltura Foraggera	Kg comb./Ettaro	Giorni/Ettaro
Grano	60	3
Mais	170	4
Barbabietola da Zucchero	268	8.5
Girasole	165	3

Kg Comb.: Kilogrammi di combustibile necessari per lavorare un ettaro di terreno
Giorni/Ettaro: Giorni di impiego delle macchine agricole necessari alla lavorazione di un ettaro di terreno

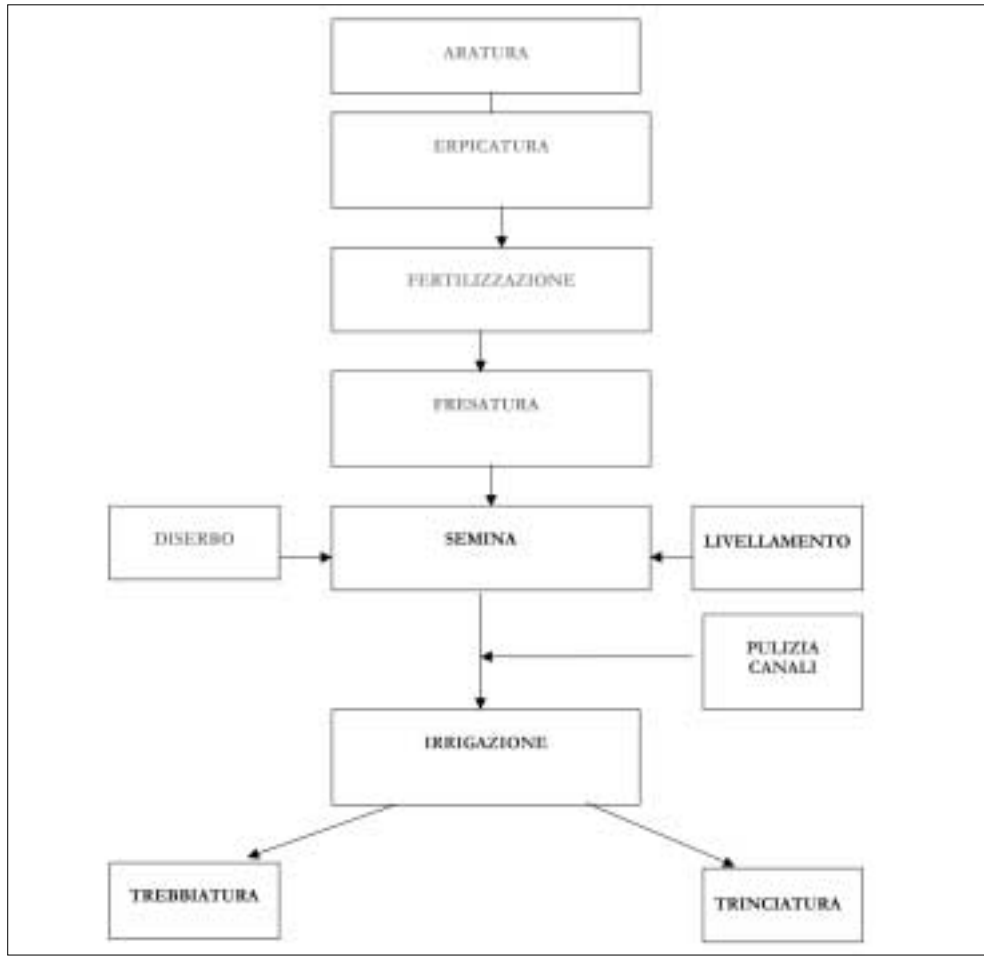


Figura 1: Diagramma di flusso temporale delle principali lavorazioni agricole per colture cerealicole.

Tabella F

Livelli di emissione sonora per alcune delle principali macchine e apparecchiature agricole

Tipologia	*Elenco macchine agricole*	CV	Leq (A)
Trattrice cingolata	Landini TL 26 C	90	90
Trattrice	Fiat 120 C	120	97,3
Trattrice	Fiat 780 DT	-	93,6
Trattrice	Fiat 82-85 FD	85	97,4
Trattrice	OM 655	-	90,4
Trattore cingolato	Massey-Fergusson 1124	-	93,4
Trattore a ruote cabinato	Lamborghini 990 DT (Trattamenti antiparassitari)	90	77,8
Trattore a ruote	Fiat 115/90 DT	90	92
Trattore a ruote	Lamborghini 904 DT	90	97,7
Trattore a ruote	SAME Corsaro	70	89,5
Trattore a cingoli	Lamborghini C674/70 (frangizolle)	70	91,3
Trattore a cingoli	Lamborghini C774/80 (Ruspatura)	80	88,5
Seminatrice	Marzia	-	96,1
Motosega	Husqvarna	-	101,4
Motosega	Jonsered 490	-	101,1
Motesega	Jonsered 590	-	97
Mietitrebbiatrice	Fiat Allis FA120	125	90
Mietitrebbiatrice	Laverda 120	106	99,5
Mietitrebbiatrice	Laverda 3350 AL	150	90
Decespugliatore	Tanaka	-	79,4
Compressore	Abacto 220/680	-	79,3

Note:

1 CV=1.36 Kw
Leq= Livello sonoro equivalente

Tabella G

Livelli di emissione sonora per alcune delle principali macchine e apparecchiature agricole

MACCHINE	LAVORAZIONE	Leq(A)
Fiat 415-Ruspetta	Pulizia recinti stalle	91.2
Fiat 55	Concimazione presemina	90.9
Fiat 55	Seminatrice Graminacee	90.6
Fiat 180	Aratura invernale	79.3
Fiat 180	Aratura estiva	88.7
Fiat 180-trinciaerba	Pulizia canali	88.3
Fiat 480	Semina mais	95.6
Fiat 1000	Preparazione letto semina	97.2
Fiat 780/pressa Galignani	Raccolta fieno	88.8
John Deere 4850	Aratro quadrivomere	77.5
Fiat 1280	Erpicatura	91
John Deere	Semina	74
International 1455	Erpicatura	85
Landini 7750	Semina	87.5

Programma di calcolo per il Livello d'esposizione annuale

La struttura del D.Lgs 277/91 risulta particolarmente adatta a descrivere il rischio che si manifesta nelle lavorazioni industriali in cui i cicli di lavorazione si ripetono nell'arco della giornata lavorativa o della settimana con le medesime modalità. Al contrario la stagionalità delle lavorazioni tipiche dell'agricoltura rappresenta per la valutazione del rischio un elemento di forte disturbo, a causa della forte variabilità dei livelli sonori e dei tempi d'esposizione che non consente di prendere come riferimento un valore dell'esposizione personale giornaliera, Lep,d, o settimanale, Lep,w, che sia sufficientemente costante nel tempo.
Per superare tale difficoltà si è pensato di procedere ad una valutazione del rischio, ricorrendo alla determinazione del livello d'esposizione personale annuale, tenendo in mente che ai fini dell'assicurazione contro il rischio di ipoacusia ciò che conta è l'energia sonora totale che viene assorbita dal lavoratore nel corso della sua attività e non l'episodica dose giornaliera.
Dalle tabelle precedenti è possibile calcolare il livello d'esposizione personale giornaliera, Lep,d, per il singolo lavoratore agricolo, noti gli ettari di terreno coltivati e i livelli d'emissione sonora dei macchinari.

Qui di seguito è riportato il programma di calcolo del livello d'esposizione personale annua al rumore per un operaio agricolo addetto alla lavorazione di 30 ettari di terreno, coltivati a MAIS.

Ettari=30 HA

Lavorazione	Ore/ettaro*	Di*8	Leq	$d_i*10^{Leq\ i*0.1}$
ARATURA	3.8	114	90	14.25*10(exp9)
FRESATURA -ERPICATURA LIVELLAMENTO	4.2	126	91.3	15.75*10(exp9.13)
SEMINA	1.8	54	97.7	6.75*10(exp9.77)
CONCIME	1.5	45	90	18.75*10(exp9)
DISERBO	0,6	18	77.8	7.5*10(exp7.78)
MIETITREBBIA	0.8	24	99.5	10*10(exp9.95)
TRINCIAPAGLIA	2.5	75	90	31.25*10(exp9)
RUMORE Ambiente	-		65	163*10(exp6.5)
Lep, a				**86,4 dB(A)**

$$Lep,a = Log\ 10\ \left(\frac{1}{\sum_i d_i}\ \left(\sum_1^n d_i * 10^{Leq_i * 0.1}\right)\right)$$

d_i= durata espressa in giorni/anno dell'esposizione ;
Leq_i.= livello sonoro equivalente dell'esposizione dB(A).

Conclusioni

La variabilità delle lavorazioni agricole rende impossibile determinare un valore Lep,d costante nel tempo e rappresentativo dell'intero anno, per cui si pensato di prendere come parametro di riferimento per la valutazione del rischio il livello d'esposizione personale annuo, in quanto ai fini assicurativi ciò che conta non è il Lep,d, ma l'energia sonora globalmente assorbita dal lavoratore nel corso della sua attività lavorativa.
Per questo fine sono state individuate le principali lavorazioni agricole eseguite sul territorio toscano, i tempi necessari per espletarle e i macchinari utilizzati. Tali informazioni unitamente ai valori d'emissione sonora dei macchinari ed agli ettari di terreno cui l'operatore è addetto, consentono di valutare il rischio cui l'agricoltore esposto tramite la determinazione del Lep,a, come contenuto nel DL.vo 277/91.

BIBLIOGRAFIA

Francesco Bonciarelli: "*Coltivazione Erbacee da pieno Campo*" Edagricole.

ISPESL - Istituto per la Prevenzione e Sicurezza del Lavoro, relativo ai "*Rischi Presenti nel Comparto Agricolo".*

Francesco Ribaudo: *"Prontuario del perito Agrario, per il geometra, il perito agrario e l'agrotecnico"* EdAgricole.

Rino Gubiani, Giorgio Zoppello: *"Rumosità delle principali operazioni agricole in Friuli"*, da Rumors dB(A).

ALLEGATO A

Figura 1: Macchina Trattrice Lamborghini IR

Figura 2: Macchina Trattrice Fiat 466

Figura 3: Macchina Trattrice Fiat 80, mod. 66 DT cabinata

Figura 4: Macchina mietitrebbiatrice per ogni tipo di pianta: cereali, oleaginose, leguminose, foraggere, orticole, semi speciali, ecc.

Figura 5: Macchina Trebbiatrice Mod. ATX 1600

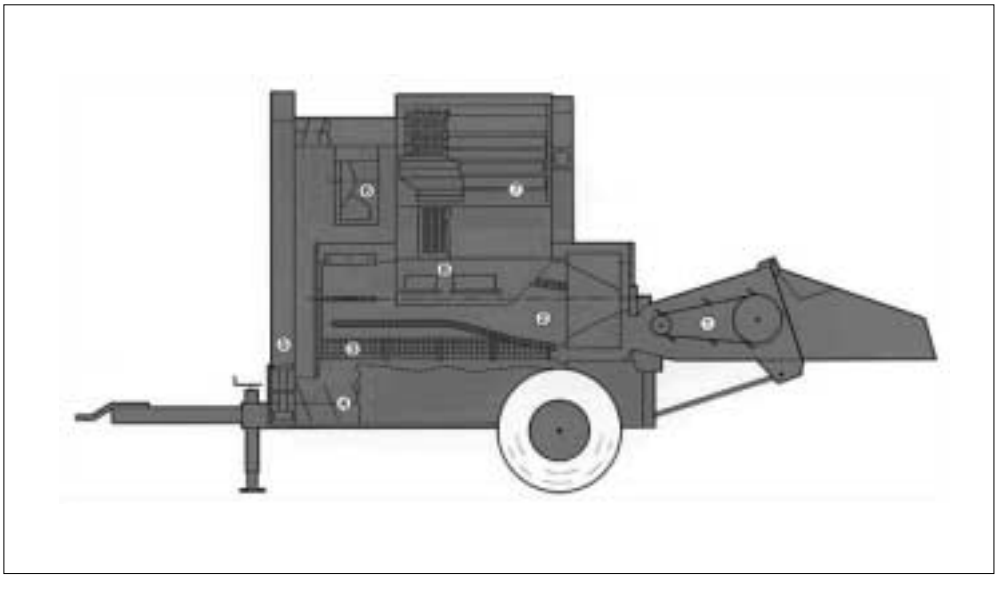


Figura 6: Macchina Trebbiatrice Mod. ATX 1600
1 Alimentatore meccanico - 2 Battitore assiale - 3 Griglie registrabili - 4 Coclea recupero
5 Elevatore a palette - 6 Aspiratore - 7 Organi pulitura - 8 Insaccaggio

Figura 7: Macchina RaccogliPaglia

Figura 8: Macchina Trincia-erba

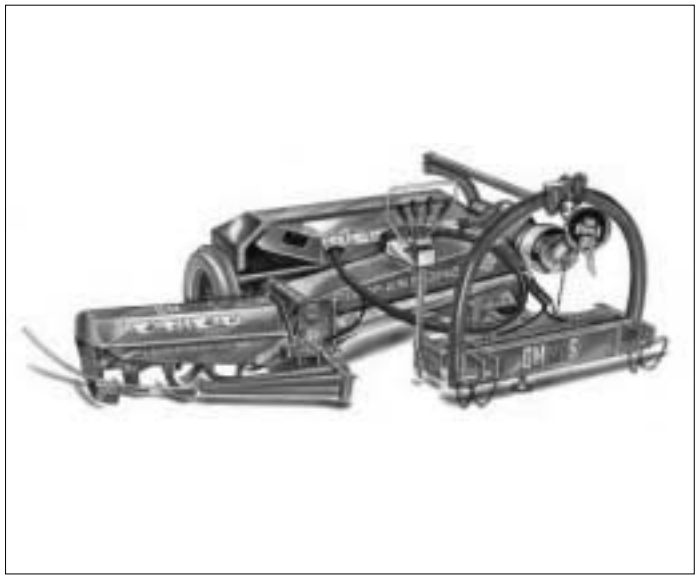


Figura 9: Macchina Trincia-erba

Figura 10: Macchina Trincia-erba

Figura 11: Macchine Scavabietole semovente Monofila

Figura 12: Defogliatore e scavatore retroverso per barbietole

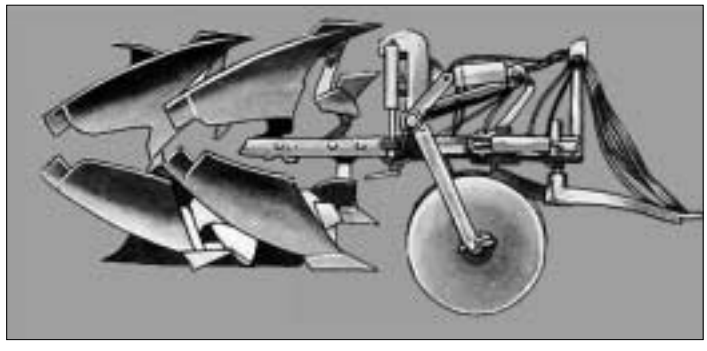


Figura 13: Vomeri per aratro

Figura 14: Macchina Scavabietole

Figura 15: Macchina Irroratrice

EDILRUM: IL RUMORE IN EDILIZIA

G. Barcellona, S. Di Chiara**
* INAIL - Direzione Regionale Sicilia - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Il database "EdilRum: IL RUMORE IN EDILIZIA" è uno strumento di consultazione di dati riguardanti, Leq, Lep,d, mansioni, attività, fasi lavorative, ecc., specifiche del settore edile.
Questo strumento di lavoro può essere utilizzato sia per la redazione della parte del piano di sicurezza e coordinamento (Psc) relativa al rischio da rumore, di cui all'art.16 del D.L.vo 494/96 e sue successive modifiche ed integrazioni, sia come ausilio allo svolgimento dei compiti Istituzionali cui le CONTARP regionali sono preposte.

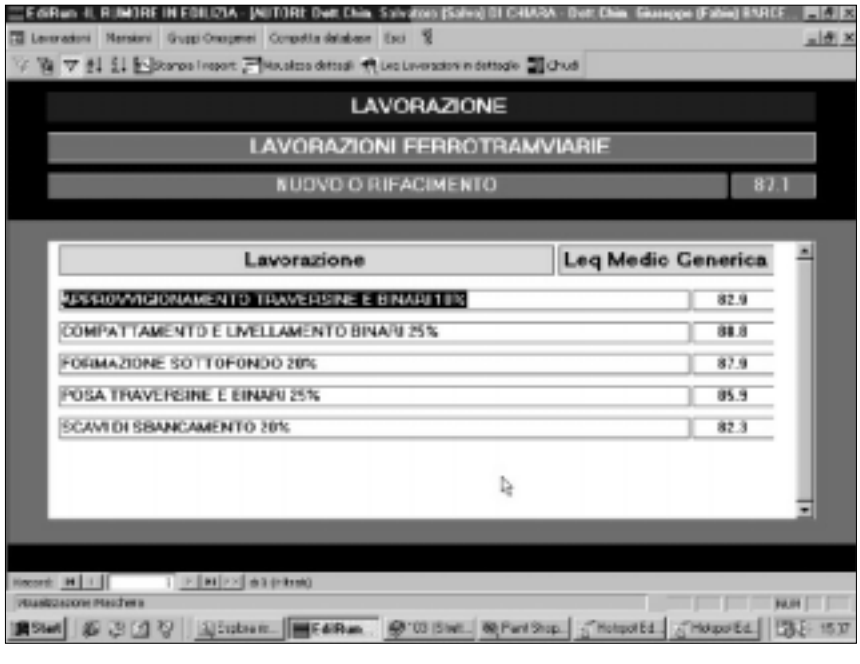
Premessa

Con l'entrata in vigore del Decreto Legislativo del Governo n° 626 del 19/09/1994 e sue successive modifiche ed integrazioni, del Decreto Legislativo del Governo n° 494 del 14/08/1996 e del recente Decreto Legislativo n.528 del 19 novembre 1999 che modifica e integra l'anzidetto decreto 494, è obbligatoria la stesura di documenti inerenti la sicurezza sul lavoro nei cantieri temporanei e mobili.
In particolare, i decreti legislativi 494/96 e 528/99 prevedono la stesura del piano di sicurezza e coordinamento (Psc), recante, in modo dettagliato, i rischi specifici del cantiere.
Una parte considerevole dell'analisi dei rischi riguarda l'esposizione al rumore dei lavoratori. Al riguardo, l'art.16 (*Modalità di attuazione della valutazione del rumore*) comma 1 recita: "*L'esposizione quotidiana personale di un lavoratore al rumore può essere calcolata in fase preventiva facendo riferimento ai tempi di esposizione e ai livelli di rumore standard individuati da studi e misurazioni la cui validità è riconosciuta dalla commissione prevenzione infortuni*."
Uno studio sul rumore nei cantieri edili è stato effettuato dal "COMITATO PARITETICO TERRITORIALE PER LA PREVENZIONE INFORTUNI, L'IGIENE E L'AMBIENTE DI LAVORO DI TORINO E PROVINCIA", e contiene informazioni riguardanti le attività lavorative svolte nei cantieri, le attività svolte dalle varie figure professionali, i Leq per attività e/o macchina utilizzata, i Lep,d relativi a singole mansioni, i tempi di esposizione, ecc..
Questo studio riporta una enorme quantità di dati di sicuro interesse e può essere utilizzato non solo per la stesura dei Psc, ma anche per svolgere i compiti istituzionali cui le CONTARP regionali sono preposte.
Al fine di rendere più agevole la consultazione dei dati, nonché la ricerca minuziosa di specifiche informazioni, è stato creato il database "EdilRum: IL RUMORE IN EDILIZIA".

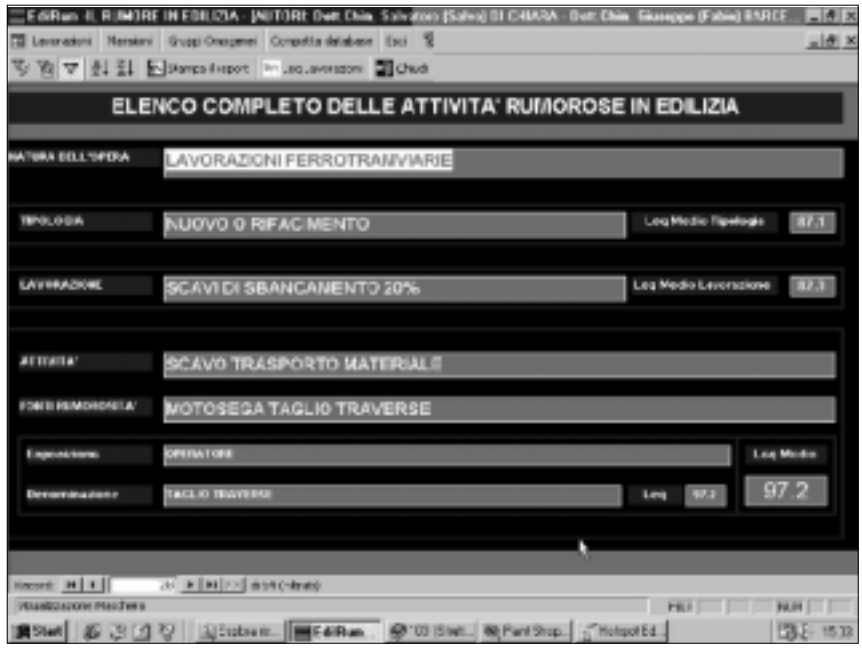
Struttura del database

I dati contenuti nel database sono organizzati in diverse categorie, visualizzabili dalle sotto elencate maschere:
1. **Leq Lavorazioni**; si visualizzano i dati relativi ai Leq delle singole lavorazioni.
2. **Leq Lavorazioni in dettaglio**; si visualizzano in maniera particolareggiata i dati relativi ai

Leq delle singole lavorazioni.
Ad entrambe le maschere sono associati gli stessi dati, visualizzati rispettivamente in "forma aggregata" e in "forma dettagliata".
3. **Leq Mansioni**; si visualizzano i dati relativi ai Leq generici di esposizione delle Mansioni.
4. **Leq Mansioni in dettaglio;** si visualizzano in maniera particolareggiata i dati relativi ai Leq delle singole mansioni.
Ad entrambe le maschere sono associati gli stessi dati, visualizzati rispettivamente in "forma aggregata" e in "forma dettagliata".
5. **Leq/Lep,d per Gruppo Omogeneo**; si visualizzano i dati relativi ai Lep,d dei Gruppi Omogenei e le fasi lavorative svolte, associati ai rispettivi tempi di esecuzione ed i corrispondenti Leq.
6. **Leq/Lep,d per Gruppo Omogeneo in dettaglio**; si visualizzano nei dettagli i dati relativi ai Lep,d dei Gruppi Omogenei e le fasi lavorative svolte, associati ai rispettivi tempi di esecuzione ed i corrispondenti Leq.
Ad entrambe le maschere sono associati gli stessi dati, visualizzati rispettivamente in "forma aggregata" e in "forma dettagliata".
Da ogni maschera, relativa ad una specifica categoria, è possibile visualizzare lo stesso contenuto trasferendo i dati da una maschera all'altra.
Inoltre, per ogni categoria è possibile visualizzare i dati "sfogliando" i record in sequenza, oppure, effettuare ricerche mirate.
I dati selezionati, dopo opportune ricerche, possono essere stampati per mezzo di report appositamente creati.
Di seguito sono raffigurate le maschere principali del database; per maggiori dettagli si rimanda all'help dello stesso.



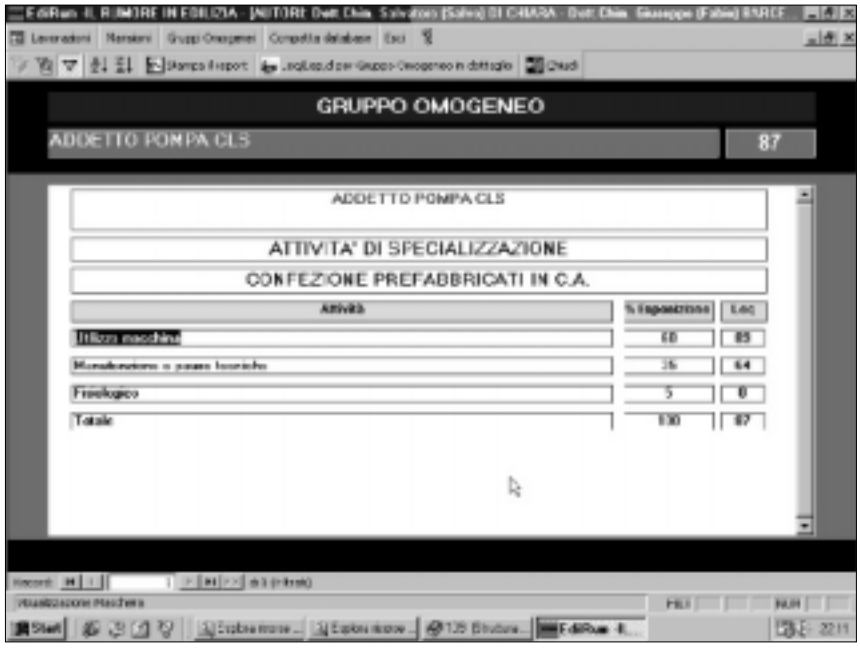
Maschera 1: Leq Lavorazioni.



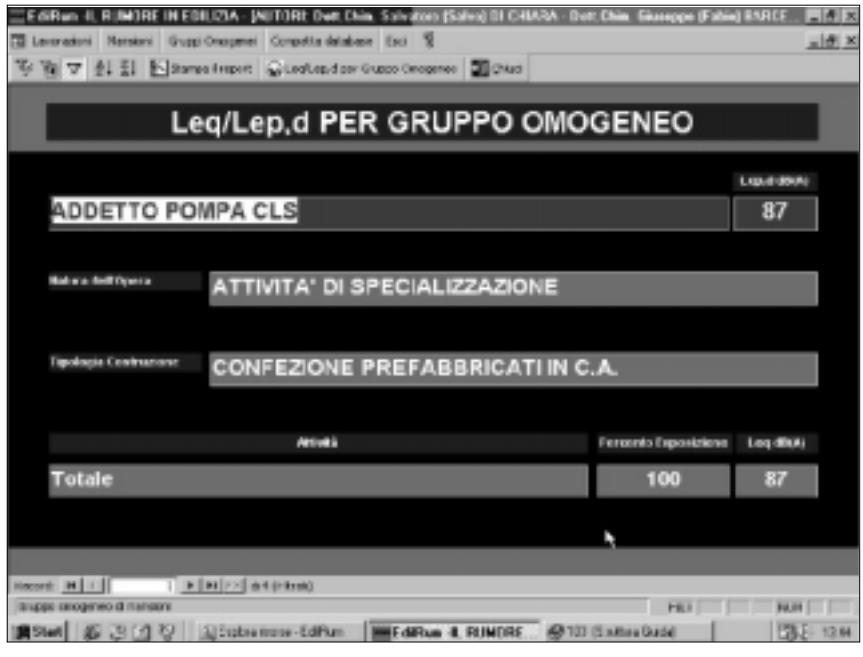
Maschera 2: Leq Lavorazioni in dettaglio.

Maschera 3: Leq Mansioni.

Maschera 4: Leq Mansioni.



Maschera 5: Leq/Lep,d per Gruppo Omogeneo.



Maschera 6: Leq/Lep,d per Gruppo Omogeneo in dettaglio.

BIBLIOGRAFIA

D.L.vo 19 settembre 1994 n.626: Attuazione delle direttive 89/391CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro. Pubblicato su : Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 265 del 12/11/1994.

D.L.vo 19 marzo 1996 n.242: Modifiche ed integrazioni al D.L.vo 19 settembre 1994 n.626, recante attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro. Pubblicato su : Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 104 del 06/05/1996.

D.L.vo 14 agosto 1996 n.494: Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili. Pubblicato su : Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 233 del 23/09/1996.

D.L.vo 19 novembre 1999 n.528: Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 14 agosto 1996, n° 494, recante attuazione della direttiva 92/57/CEE in materia di prescrizioni minime di sicurezza e di salute da osservare nei cantieri temporanei o mobili. Pubblicato su : Gazz. Uff. Ser.Gen. del 18 gennaio 2000.

Dati fonometrici tratti dallo studio effettuato dal "COMITATO PARITETICO TERRITORIALE PER LA PREVENZIONE INFORTUNI, L'IGIENE E L'AMBIENTE DI LAVORO DI TORINO E PROVINCIA", con la collaborazione di: "I.E.C. Industrial Engineering Consultats s.r.l. - via Botticelli, 151 10154 Torino.

ANDAMENTO DELL'IPOACUSIA PROFESSIONALE NEI DIVERSI SETTORI TECNOLOGICI DELL'INDUSTRIA ITALIANA

U. Verdel, A. Iotti*, R. Piccioni**

* INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Sono stati presi in esame 35.000 casi di ipoacusia manifestatisi e riconosciuti dall'INAIL negli anni 1989 -1999. Essi sono stati suddivisi nei dieci macrosettori produttivi previsti dalla classificazione INAIL, a loro volta ripartiti fra quattro macrosettori principali contenenti ciascuno da 14.500 a 3.000 casi e sei secondari in cui la casistica è compresa tra 1300 e 200 casi.
L'esame ha potuto essere più dettagliato per la prima delle due classi di macrosettori. In ogni caso, da ognuno di essi sono stati estratti i cicli tecnologici significativi di cui sono stati calcolati gli specifici rapporti casi-addetti.
E' stato così possibile identificare le realtà lavorative a maggior rischio residuo, e le fonti di tale rischio, elementi questi necessari ad ulteriomente guidare, tramite specifici e mirati interventi di prevenzione, il processo di contenimento del rischio da rumore che è già in atto, stante la riduzione della casistica, che è stata di ben 9 volte dall'inizio del periodo preso in considerazione fino al 1998.

1. Introduzione

Un precedente lavoro (Verdel e coll., 2000) è stato da noi dedicato alla rilevazione delle principali caratteristiche statistiche dei danni causati dal rumore, cioè di quella che dalla fine degli anni 70 è divenuta la più frequente tra le malattie professionali (INAIL, 2000).
Sono stati così esaminati i 35.000 casi manifestatisi e riconosciuti dall'INAIL negli anni 1989-1999, sottoponendoli ad un'analisi multifattoriale che tenesse conto dell'anno di accadimento, del grado di invalidità, dell'età, del sesso.
È stato possibile, in tal modo, mettere in evidenza che le rendite da rumore sono verticalmente diminuite nel corso del tempo di oltre 9 volte, da 7234 del primo anno fino a 784 del penultimo anno di osservazione. I casi si sono addensati tra i circa sessantenni ed i gradi di invalidità prevalenti sono apparsi quelli più bassi, inferiori al 21%. Quanto al sesso, per intuibili ragioni, quello maschile ha prevalso nettamente, limitando i casi al femminile appena al 2,2% del totale (ma al 25% nel macrosettore tessile).
La suddivisione della casistica per macrosettori produttivi è quella illustrata dalla fig. 1, dalla quale si rileva che, dei dieci presi in considerazione seguendo la tassonomia usata dall'attuale Tariffa dei premi INAIL, quattro svolgono un ruolo rilevante. Si tratta esattamente dei macrosettori che superano le 3000 unità, vale a dire dell'industria metalmeccanica (oltre 14.500 casi), di quella delle costruzioni (oltre 6.500 casi), di quella estrattiva (quasi 4.000 casi), di quella del legno (quasi 3.500 casi).

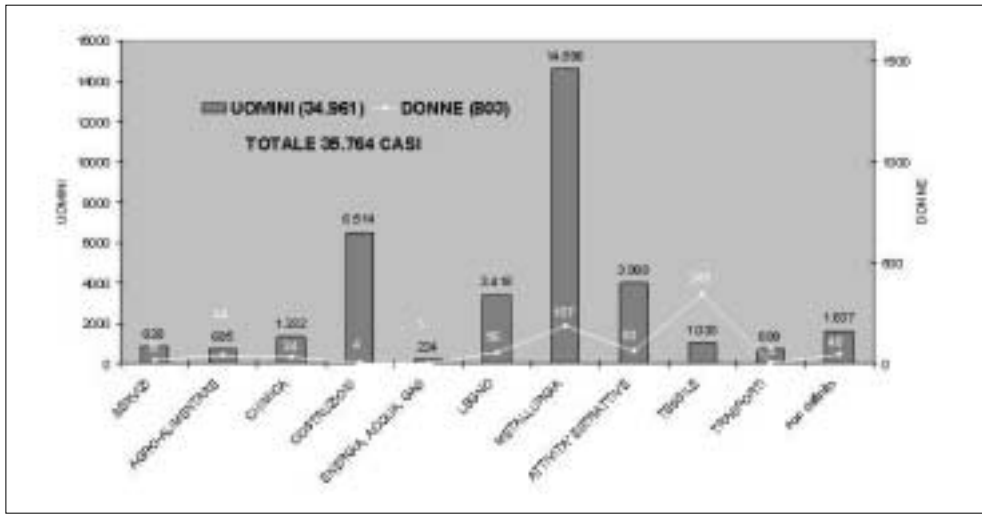


Figura 1: IPOACUSIE - voci di TARIFFA (Grandi Gruppi)

Questi quattro macrosettori danno luogo ad un totale che rappresenta l'80% dell'intera casistica. I risultati che possono essere tratti da un loro esame di dettaglio sono dunque più significativi rispetto a quelli dei sei macrosettori minoritari, nessuno dei quali raggiunge i 1.500 casi. Sono in ogni modo necessarie delle puntualizzazioni circa il criterio con cui vengono attribuiti i casi ai diversi cicli tecnologici.
In primo luogo va osservato che la classificazione è realizzata per "voce di tariffa", cioè secondo i riferimenti tariffari INAIL, cui corrispondono determinati tassi di premio. Non sempre le voci di tariffa comprendono un solo ciclo tecnologico; è più frequente il caso contrario, tant'è che sono in corso studi da parte dell'organo tecnico dell'INAIL per realizzare una "tariffa analitica" che, senza incidere sui tassi, consenta una più precisa attribuzione ai cicli tecnologici di dettaglio dei vari eventi lesivi, infortuni e malattie professionali, che si manifesteranno. Pur necessaria, questa precisazione non ha però un vero impatto sul nostro studio, dal momento che, come si vedrà, ci limiteremo a considerare solo i principali settori all'interno dei macrosettori, senza scendere alla scala del ciclo produttivo.
Forse più importante è la seconda precisazione, che concerne il fatto che l'attribuzione del caso alla voce di tariffa avviene, per forza di cose, imputandolo all'ultima delle lavorazioni esercitate prima della denuncia; e può ben essere che, in un'anamnesi lavorativa complessa, quest'ultima attività non sia la principale cui attribuire la causa della lesione. Tuttavia, la limitata durata del periodo di indennizzabilità dell'ipoacusia (4 anni) e l'effetto insito nella numerosità della popolazione considerata, certamente riducono ai minimi termini la distorsione dei dati che da quanto detto deriva.
Tutto quanto precede è decisamente meglio applicabile ai quattro macrosettori principali mentre perde di validità passando agli altri sei, e ciò avviene in rapporto diretto con il numero di casi contenuti in ciascun macrosettore.

2. Esame dei quattro macrosettori principali: metalmeccanica, costruzioni, industrie estrattiva e del legno

Nel *macrosettore metalmeccanico* si evidenziano (fig.2) massimi di frequenza delle ipoacusie

nelle lavorazioni siderurgiche, in quelle eseguite con laminati, profilati, trafilati e lamiere, nelle costruzioni di materiale rotabile ferroviario e nei cantieri navali, tutti cicli tecnologici in cui l'indice di frequenza da noi calcolato è superiore a 2. Ciò si spiega con la presenza, talora assai comune, di fasi di lavoro particolarmente rumorose quali, tra le tante, martellatura, scriccatura, molatura, picchettaggio, punzonatura, tranciatura, fabbricazione di chiodi, viti e bulloni alle presse, arrotatura pneumatica, formatura, distaffatura, fucinatura, stampaggio, prova di motori a combustione interna, conduzione di forni elettrici, ecc.

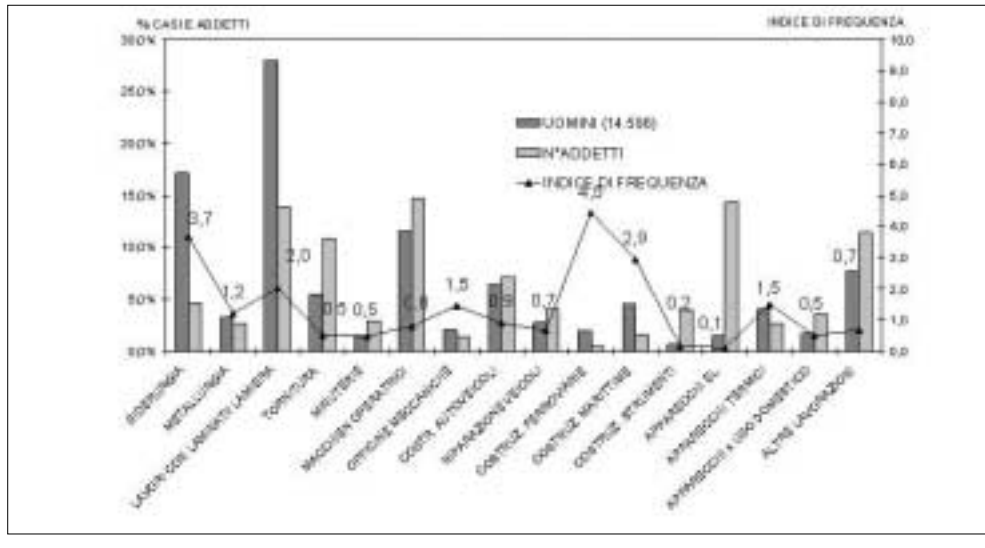


Figura 2: IPOACUSIE - GRUPPO 6 - METALLURGIA - (UOMINI).

In altri settori, malgrado la numerosità dei casi riconosciuti, la frequenza è invece contenuta, come avviene per i lavori di tornitura e la produzione di macchine operatrici e di autoveicoli.
Alcuni settori, pur caratterizzati da un elevato numero di addetti, danno infine pochi casi, come avviene in particolare per la costruzione di apparecchi e strumenti elettrici ed elettronici.Si ha la sensazione che, nelle grandi linee, il rischio rumore decresca al crescere del contenuto tecnologico delle lavorazioni. Ciò dipende dal fatto che le elevate tecnologie sono per natura propria meno rumorose, ma anche dalla maggiore attenzione che in questi ambienti di solito si attribuisce ai problemi della sicurezza e della prevenzione.
Il *macrosettore delle costruzioni* (fig. 3) è caratterizzato da un'assoluta prevalenza di casi intervenuti tra gli addetti ai cantieri edili, che annoverano il 49,7 % di tutti i casi qui riconosciuti; ciò avviene assai più per la numerosità degli addetti che per la frequenza degli infortuni. Questa, invece, è particolarmente elevata nella costruzione di impianti idroelettrici, nella costruzione di linee ferroviarie e nelle palificazioni.
Un minimo significativo, al contrario, si riscontra negli interventi di installazione di impianti negli edifici.
La vita di un cantiere, dunque, si fa col passare del tempo meno rumorosa, passando dalla fase di costruzione a quella di completamento e rifinitura ed a quella di installazione. E' nella costruzione, infatti, che sono frequenti l'utilizzo del martello pneumatico, quello della sega da legno, nonché talora i lavori in galleria con mezzi meccanici ad aria compressa.

Il *macrosettore estrattivo* (fig. 4), così come identificato coi criteri INAIL, comprende anche alcune industrie complementari quali i cementifici, i laboratori marmiferi, gli stabilimenti ceramici, le fornaci da laterizi, l'industria del vetro, ecc.

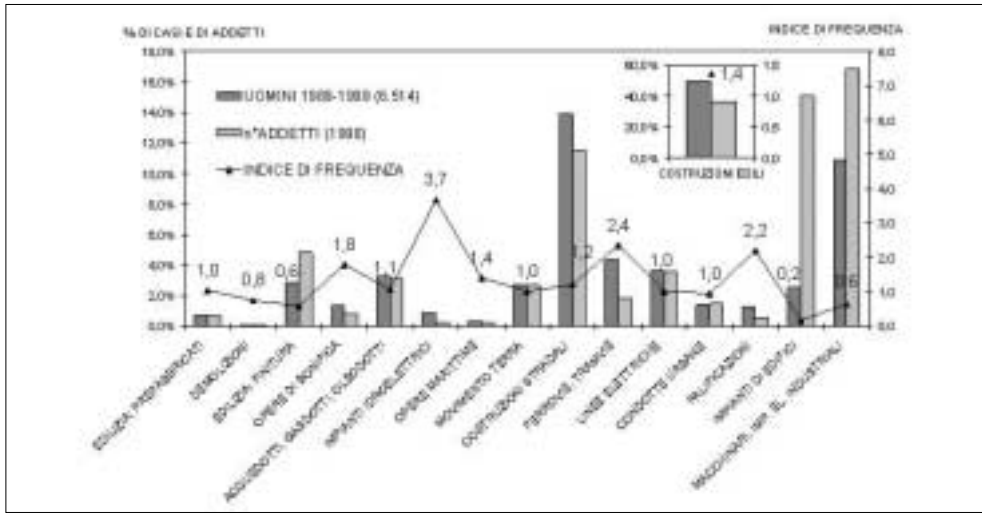


Figura 3: IPOACUSIE - GRUPPO 3 - COSTRUZIONI - (UOMINI).

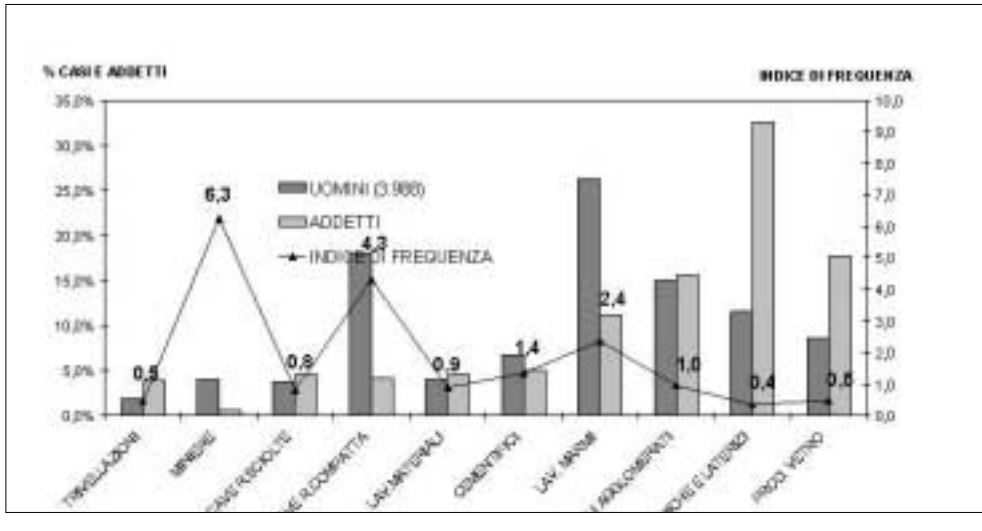


Figura 4: IPOACUSIE - GRUPPO 7 - ATTIVITA' ESTRATTIVE (UOMINI)

I comparti con un più elevato numero di casi sono quelli dei marmi, delle cave, dei materiali agglomerati con leganti minerali, delle ceramiche e laterizi. Di essi, però, solo alcuni (cave di rocce compatte, industria marmifera) hanno pure indici elevati di frequenza. Ad essi va poi aggiunto il campo delle miniere che, per quanto sede di attività di un limitato numero di lavoratori (poco più di mille) ha evidenziato l'indice di frequenza più elevato (6,3) fra tutti quelli del macrosettore.
Le fonti principali del rischio in questo comparto sono da ricercare nei frantoi e molini per minerali, rocce e clinker da cemento, nelle seghe e frese da marmo, nei martelli pneumatici e negli altri mezzi meccanici ad aria compressa usati in sotterraneo, tutte attrezzature puntualmente e comunemente presenti nei settori caratterizzati dalle maggiori frequenze di ipoacusie.
Relativamente scarsa è la casistica riscontrata negli stabilimenti ceramici e vetrari, per non citare che quelli di più elevato significato statistico.
Nel *macrosettore del legno* (fig. 5) il massimo dei casi riconosciuti si verifica nei mobilifici, dove però l'indice di frequenza non è particolarmente elevato. Ciò avviene, invece, per i luoghi di produzione di mezzi di trasporto e per i laboratori di falegnameria. Sembra evidente, in questi casi, l'influenza dell'organizzazione aziendale e della prevenzione, evidentemente meno curata negli opifici a minor grado di industrializzazione e di automatizzazione.
Infatti la lavorazione del legno con seghe circolari e a nastro, con piallatrici, ecc.. avviene tanto nelle falegnamerie che nei mobilifici e nelle fabbriche di infissi, sicché i differenti indici di frequenza sono necessariamente dovuti alla diversa cura attribuita alla lotta contro il rumore.
Significativo infine constatare che nelle lavorazioni dove i macchinari più rumorosi sono meno presenti o assenti, i casi di ipoacusia sono a loro volta più rari, come avviene nei lavori di finitura dei manufatti e nella produzione dei semilavorati e degli articoli in materiali affini al legno.

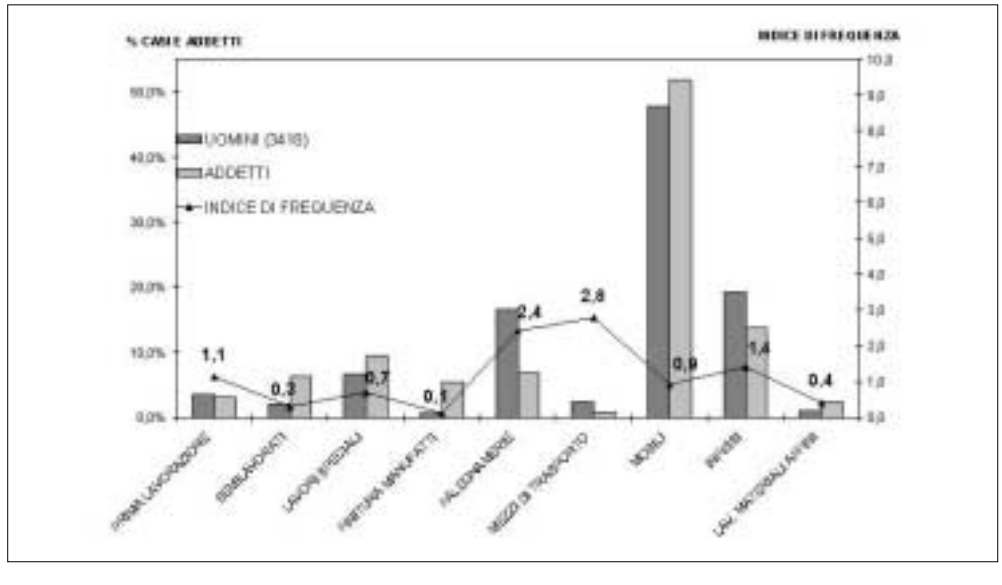


Figura 5: IPOACUSIE - GRUPPO 5 - LEGNO - UOMINI

3. Esame dei sei macrosettori secondari:chimica, tessile, commercio e servizi, trasporti e depositi, industrie agroalimentare ed energetica

Nel *macrosettore chimico* (oltre 1.300 casi) si osserva (fig. 6) una sostanziale equidistribuzione della casistica tra i cicli tecnologici più ricchi di addetti, con valori del rapporto casi-addetti vicino all'unità.
Un'eccezione è rappresentata dal settore della fabbricazione della carta e del cartone, nel quale l'indice si triplica. Un'altra eccezione riguarda gli indici assai più bassi (inferiori ed uguali a 0,5) delle tipografie, delle pelli, dei laboratori fotografici, settore quest'ultimo che è risultato privo di casi.
Poiché gli indennizzi devono poter risalire alle cosiddette "lavorazioni tabellate", cioè alle lavorazioni previste alla voce 50 del DPR 336/1994 (ma anche a quelle contenute nella voce 44 del precedente DPR 482/1975), per questo macrosettore, come spesso per quelli successivi, la fonte del rischio va ricercata negli interventi manutentivi, che possono avere comportato l'esecuzione di una delle lavorazioni tabellate e, segnatamente, nell'utilizzo di martelli ed avvitatori pneumatici (lettera n della voce 50 DPR 336/1994) o di "utensili ad aria compressa" (lettera l della voce 44 DPR 452/1975).

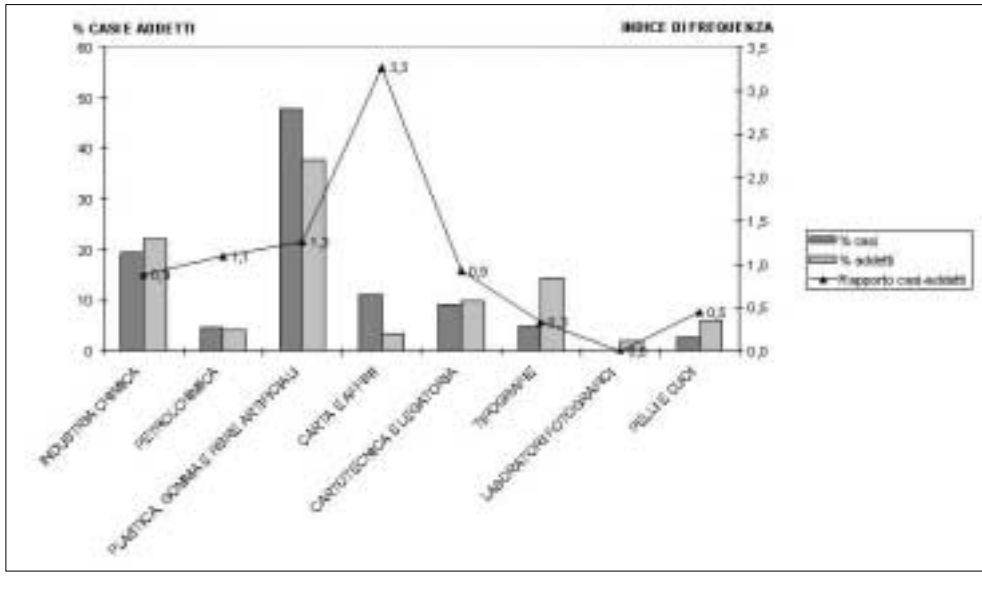


Figura 6: IPOACUSIE - GRUPPO 2 - CHIMICA - (UOMINI) RAPPORTO CASI (1989-1999)/ADDETTI (1998).

Le differenze di frequenza tra un settore e l'altro non dipendono dalle caratteristiche dei cicli produttivi in quanto tali, ma piuttosto dalla quantita e qualità di determinati interventi manutentivi e dalle misure prevenzionali messe in atto nel corso di essi.
Il *macrosettore tessile* (oltre 1.000 casi) è caratterizzato (fig. 7) da valori del rapporto casi-addetti normalmente contenuto.
Ciò non vale, come era facile attendersi, per i cicli della tessitura e della preparazione - filatura - torcitura delle fibre.

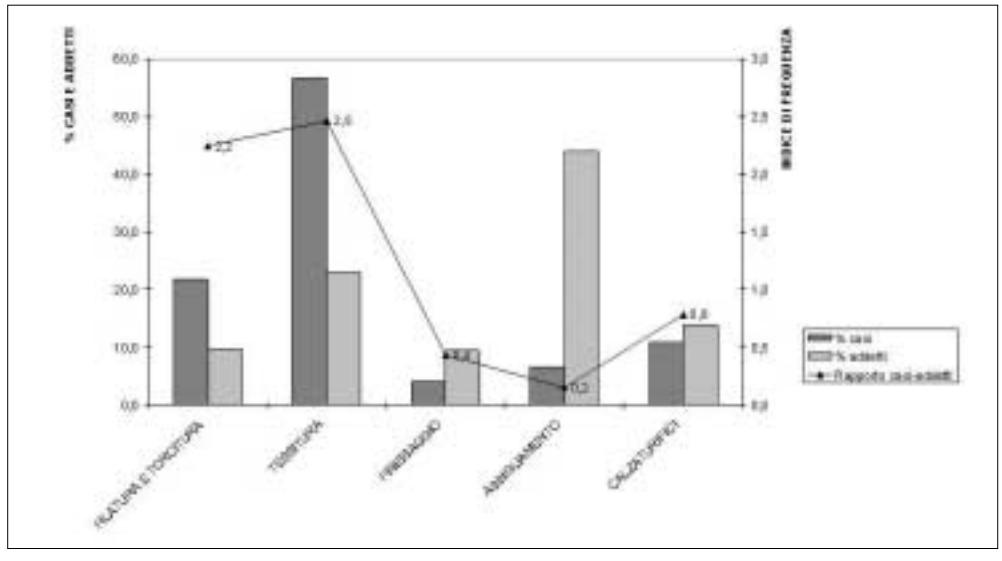


Figura 7: IPOACUSIE - GRUPPO 8 - TESSILE - (UOMINI) RAPPORTO CASI (1989-1999)/ADDETTI (1998).

Sono, queste, lavorazioni particolarmente numerose, nelle quali si fa uso di telai a navetta che, se non dotati di efficace insonorizzazione, elevano sensibilmente il livello del rischio. Ecco perché tali lavorazioni sono quattro volte più interessate da casi di malattia da rumore, rispetto alle altre comprese nello stesso macrosettore, tra le quali il grosso comparto dell'abbigliamento raggiunge un minimo molto pronunciato.
Il *macrosettore del commercio e dei servizi* è caratterizzato da un numero bassissimo di casi (oltre 800) rispetto a quello degli addetti (7.500.000 circa).
In un quadro di sostanziale inconsistenza del fenomeno rumore, si osserva (fig. 8) la quasi assenza di casi nel commercio e la limitatezza degli stessi nei servizi sanitari e di altro genere.

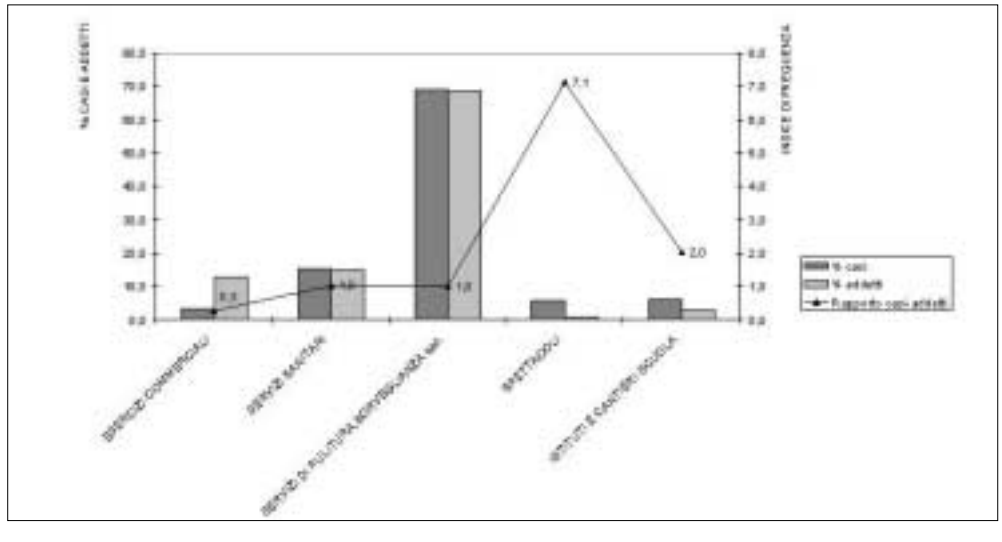


Figura 8: IPOACUSIE - GRUPPO 0 - SERVIZI - (UOMINI) RAPPORTO CASI (1989-1999)/ADDEI (1998).

Fanno eccezione il settore dello spettacolo, che raggiunge un rapporto casi-addetti addirittura superiore a 7, ed in minor misura quello degli istituti scolastici e di ricerca e dei cantieri scuola. Il primo caso è facile da spiegare: contenendo in sé realtà come quelle del circo, del cinema, del teatro, del parco di divertimento, dell'allestimento di spettacoli pirotecnici e di addobbi e luminarie, è facile capire che vi si esercita moltissima manutenzione; di più, che si praticano attività per molti aspetti rientranti nel mondo delle costruzioni. Il tutto è poi aggravato dalla quasi generale provvisorietà e spesso precarietà delle realizzazioni, che sono fattori certamente non favorevoli all'affermarsi delle cautele prevenzionali, comprese tra esse le misure contro il rumore.
Nel caso dell'istituti scolastici e di ricerca e dei cantieri scuola, bisogna considerare che la maggior parte del personale assicurato dall'INAIL (unico a rientrare in questa ricerca) è quello con posizioni lavorative inferiori, che pratica anche l'attività di manutenzione. E ciò senza considerare l'influenza esercitata dall'attività edile propria dei cantieri scuola, da quella dei corsi di istruzione professionale, che può essere la più varia, nonché dai lavori di sistemazione idraulico - forestale che hanno anch'essi evidenti fasi eminentemente rumorose (uso di seghe, martelli pneumatici, ecc.).
Il *macrosettore dei trasporti e dei depositi* (quasi 700 casi) dà luogo, come mostra la fig. 9, ad una sostanziale equidistribuzione dei casi, come una logica previsione suggerisce. La questione si presenta un po' diversamente per i trasporti per via d'acqua interna e per quelli aerei.

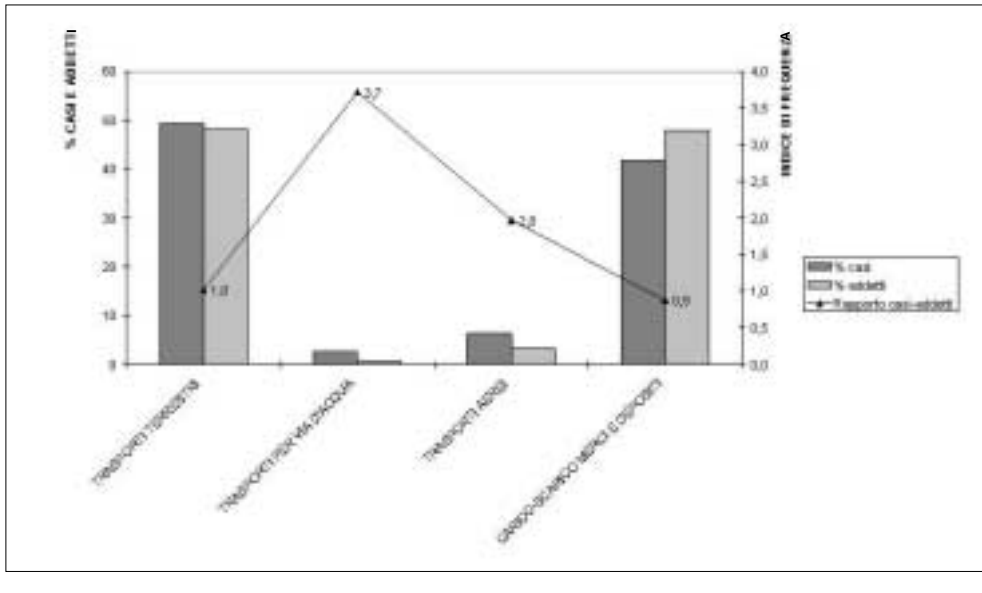


Figura 9: IPOACUSIE - GRUPPO 9 - TRASPORTI - (UOMINI) RAPPORTO CASI (1989-1999)/ADDETTI (1998)

Vi è qui un eccesso di frequenza dei casi che, per i trasporti sull'acqua, si può tentare di giustificare con esigenze particolari di manutenzione. Sarebbe interessante sapere se il fenomeno si ripresenta per i marittimi che, non essendo assicurati dall'INAIL, non rientrano nella ricerca.
Per interpretare il caso dei trasporti aerei, bisogna ricordare che non si parla qui degli equipaggi di volo (anch'essi quasi sempre non assicurati dall'INAIL), bensì del personale di terra che, per essere largamente impiegato nella manutenzione, non fa soltanto uso delle apparecchiature

rumorose ricordate in precedenza, ma è certamente esposto alle conseguenze ambientali suscitate dalla prova dei motori a reazione e a turboelica.
Il *macrosettore agroalimentare* (circa 700 casi) è caratterizzato (fig. 10) da alcune aree di particolare addensamento della casistica. La principale è quella della silvicoltura, dove il rapporto casi-addetti raggiunge con 11,8 il valore massimo tra quelli da noi riscontrati.
E' però facile ricordare che in questo caso l'attività principale è quella della segagione e che le circostanze del lavoro forestale non facilitano certamente la prevenzione insonorizzante e, in particolare, impediscono l'istallazione di una "efficace cabinatura".

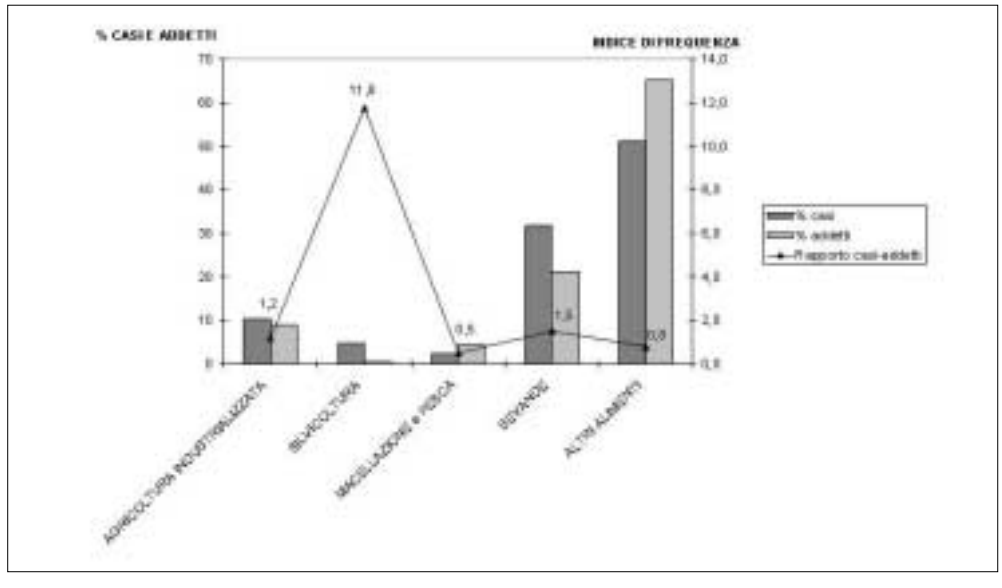


Figura 10: IPOACUSIE - GRUPPO 1 - AGRO-ALIMENTARE - (UOMINI) RAPPORTO CASI (1989-1999)/ADDETTI (1998).

Un'altra area, meno vistosa ma più significativa, è quella del settore delle bevande, dove la frequenza dei casi di ipoacusia è circa doppia rispetto a quella della contigua industria degli altri alimenti. Il fatto si spiega se si tiene conto della costante esistenza nel ciclo di produzione delle bevande di riempitrici automatiche per l'imbottigliamento, non sempre dotate di efficace insonorizzazione.
Non resterebbe ora da trattare che il *macrosettore idrico ed energetico* che però,essendo privo di specifiche lavorazioni rumorose tabellate, coi suoi soli 224 casi, non si presta ad analisi, che sarebbero effettuate su numeri così bassi da non essere significative. In altri termini la casualità svolge qui un ruolo tale da sconsigliarci di procedere oltre.

4. Conclusioni

Oltre 35.000 casi di ipoacusia e sordità da rumore sono stati elaborati in base alla loro distribuzione tra i dieci macrosettori produttivi previsti dalla classificazione INAIL, ricercando all'interno di ciascuno di essi quei cicli tecnologici che, per essere caratterizzati da un rapporto casi-

addetti più elevato, attirano maggiormente l'attenzione del preventore. Per ciascuna di queste realtà sono state pure indicate le possibili fonti del rischio, in un quadro che, comunque, rappresenta già da oggi un evidente successo della politica della sicurezza ed igiene sui luoghi di lavoro, visto che tra il 1989 ed il 1998 i casi indennizzati si sono ridotti di ben 9 volte.
Ciò non significa che la questione possa considerarsi risolta, anzi esistono ancora delle aree produttive nelle quali può ben parlarsi di sovraesposizione al rumore. Citandone solo una parte ricordiamo la siderurgia, le costruzioni ferroviarie e marittime, quelle degli impianti idroelettrici, le miniere e le cave di rocce compatte, il settore della carta e del cartone, il variegato mondo dello spettacolo, i trasporti per acque interne, la silvicoltura, tutte realtà dove il nostro indice è superiore o uguale a 3.
L'attenzione nei confronti dell'inquinamento acustico non va dunque allentata anche per evitare che i successi conseguiti vengano vanificati.

BIBLIOGRAFIA

D.P.R. 9 giugno 1975, n.482: Modificazione e integrazioni alle tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura, allegati numeri 4 e 5 del DPR 30 giugno 1965, n.1124, G.U. n.269 del 9 ottobre 1975.

D.P.R. 13 aprile 1994, n.336: Regolamento recante le nuove tabelle delle malattie professionali dell'industria e dell'agricoltura, G.U. n.13 del 14 giugno 1994.

INAIL: Primo rapporto annuale 1999. Ed. INAIL, Roma, 2000: 182 + 169 pp.

Verdel U., Iotti A., Piccioni R.: I dati sui danni professionali da rumore e vibrazioni nell'esperienza dell'Inail - Atti della sezione dBA del Convegno "Ambiente Lavoro", Modena 20-23 settembre 2000: 7-18 pp.

ANALISI DEL RISCHIO DA POLVERI NEL COMPRENSORIO CERAMICO DI CIVITA CASTELLANA (VT): UN ESEMPIO DI COLLABORAZIONE TRA ENTI

F. Cavariani, P. De Blasi**, M. De Rossi*, R. Piccioni**, D. Rughi***

* Laboratorio di Igiene Industriale - Servizio Prevenzione, Igiene e Sicurezza nei Luoghi di Lavoro, ASL - Viterbo.
** INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Il presente lavoro si inserisce nell'ambito di una recente collaborazione tra l'INAIL e lo SPISLL della ASL di Viterbo, relativamente alle problematiche connesse agli aspetti tecnici della valutazione del rischio silicosi che, tuttora, costituisce un argomento di estremo interesse, anche alla luce dei recenti studi dello IARC sugli effetti della cancerogenicità della silice cristallina aerodispersa. L'obiettivo di tale azione sinergica è quello di uniformare le metodologie di valutazione del rischio specifico e razionalizzare gli interventi di verifica nelle aziende.
In questa fase preliminare sono stati confrontati i dati relativi a circa 1500 prelievi di polvere respirabile, frutto della verifica strumentale condotta dai due Enti, tra il 1993 ed il 1999, in alcune aziende ceramiche del comprensorio industriale di Civita Castellana (VT).

Introduzione

Il comprensorio ceramico di Civita Castellana (VT), situato nella parte sud-est della provincia di Viterbo, é rappresentato da un cospicuo numero di aziende medio-piccole operanti in un contesto di alta industrializzazione. Data l'elevata incidenza di casi di silicosi riscontrati tra i lavoratori del settore, la ASL di Viterbo e l'INAIL hanno maturato, in modo parallelo, una lunga esperienza nella verifica del rischio legato all'esposizione dei lavoratori alle polveri aerodisperse. La necessità di coordinare e razionalizzare l'attività di sorveglianza strumentale sul territorio, uniformando quanto più possibile i criteri metodologici applicati per i prelievi, ha recentemente spinto entrambe gli Enti a convergere su un terreno di stretta collaborazione grazie ad un accordo la cui finalità prevede:

- *La correlazione dei dati ottenuti*
- *La valutazione dei criteri di indagine da adottare per la misura e la valutazione dei dati rilevati*
- *La verifica dell'esposizione a polveri respirabili aerodisperse con particolare riguardo al loro contenuto di silice cristallina, recentemente classificata dallo IARC nel gruppo 1, per accertata cancerogenicità per l'uomo*
- *L'identificazione del profilo di rischio specifico di ciascuna figura professionale operante in questo settore*

Il presente lavoro riassume i risultati del confronto statistico tra dati di esposizione a polveri ricavati dai monitoraggi strumentali effettuati dai due enti nel corso degli anni '90, per verificare il loro grado di correlazione.

Materiali e metodi

Per quanto riguarda i campionamenti personali di polvere respirabile, la metodologia adottata dalla ASL VT prevede l'uso di un preselettore di tipo Dorr-Oliver, realizzato in nylon con una camera di 10 mm di diametro, ad un solo ingresso ed operante ad un flusso di 1,4 l/min; le membrane utilizzate per la raccolta delle polveri erano in esteri misti di cellulosa con *f*=25 mm di diametro e 0,8 mm di porosità. Per i campionamenti di polvere respirabile eseguiti dall'INAIL il protocollo di indagine prevedeva un ciclone separatore tipo Casella (con taglio mediano a 5 mm) con flusso di esercizio di 1,9 l/min e supporti filtranti in argento (diametro pari a 25 mm, con porosità di 0,8 mm). Tutti i dosaggi della silice cristallina sono stati eseguiti per mezzo dell'analisi diffrattometrica a raggi X (DRX, metodo delle polveri).
Sono stati raccolti e analizzati circa 1500 dati di polvere respirabile relativi alle diverse figure professionali di circa 60 aziende di produzione di sanitari e stoviglie; una parte dei dati proviene da sopralluoghi effettuati da entrambi gli Enti sulle stesse aziende in tempi diversi. L'analisi dei dati (*tabelle 3 e 4 in allegato*) evidenzia in modo chiaro la differenza, in termini di rischio, esistente tra le aziende produttrici di articoli sanitari, per le quali l'entità del rischio è ancora consistente nei reparti *impasti, rifinitura, collaudo e smaltatura,* e quelle produttrici di stoviglieria dove il rischio determinato dalla presenza di silice cristallina nelle polveri risulta in generale più contenuto.
Su tale base è stata condotta una trattazione statistico-comparativa specifica *per comparto* produttivo, sulla base di tutti i dati disponibili, e *per mansione*, solo laddove era possibile il confronto. L'elaborazione è stata effettuata col proposito di stabilire se le eventuali differenze riscontrate tra i dati raccolti dall'INAIL e quelli raccolti dalla ASL siano da attribuirsi a ragioni puramente casuali, dovute esclusivamente alle normali fluttuazioni di variabili aleatorie, oppure siano da ricondursi a ragioni causali, cioè imputabili a una vera e propria differenza operativa e metodologica fra i due enti. Tale pratica viene frequentemente adottata qualora ricorra il caso di dover confrontare risultati ottenuti con metodologie differenti, allo scopo di accertare la presenza di eventuali differenze tra le due popolazioni di misure.
In termini strettamente statistici tutto ciò equivale a stabilire se in termini di accuratezza e precisione le diverse serie mostrino deviazioni fra loro significative, per un prefissato livello di confidenza. Per perseguire tale obiettivo, i dati relativi ai singoli comparti produttivi sono stati comparati tra loro tramite:

- *Il test **t** di Student, per il confronto fra le medie, volte a valutare l'allineamento dell'accuratezza;*
- *Il test **F** di Snedecor per il confronto delle varianze, volte a valutare l'allineamento della dispersione e quindi della precisione.*

I suddetti test sono stati eseguiti sia sul singolo comparto, che per ogni rispettiva mansione all'interno dello stesso. Il livello di confidenza prescelto per la conduzione di entrambi i test è stato pari al 95 %. In entrambe le serie l'andamento dei dati è descrittivo, con un buon grado di approssimazione, di una distribuzione lognormale.

Discussione dei dati

Nella tabella 1 viene riportato il quadro riassuntivo dei parametri statistici considerati e dei raffronti effettuati per le serie di dati appartenenti al settore dei sanitari, sia per quanto riguarda i dati relativi alla frazione respirabile delle polveri totali che al valore del loro contenuto di silice cristallina; la comparazione statistica evidenzia come tutti i dati mostrino indiscriminata-

mente una elevata dispersione intorno al loro valore medio con valori del coefficiente di variazione quasi tutti superiori al 50 % (tabella 3 in allegato). Ai fini del confronto fra le medie delle diverse serie di dati si è proceduto con il calcolo del **t** di Student secondo la formula

$$t = \frac{(\text{Media}_1 - \text{Media}_2)}{S_{compl}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}}$$

dove n_1 e n_2 rappresentano le due popolazioni di dati sulle quali si opera il confronto statistico, e S_{compl} rappresenta la deviazione standard complessiva delle due serie di misure calcolata secondo la formula

$$S_{compl} = \sqrt{\frac{gdl_1 \cdot \text{varianza}_1 + gdl_2 \cdot \text{varianza}_2}{gdl_1 + gdl_2}}$$

con il termine gdl che indica i rispettivi gradi di libertà delle popolazioni dei dati.
Il valore di t così calcolato è stato posto successivamente a confronto con il valore desumibile dalla tabella di Student in funzione del livello di confidenza stabilito, pari al 95% (α=0.05).

Tabella 1
*Confronto statistico dei dati relativi alle aziende di produzione di sanitari: la significatività statistica al 95% è evidenziata dalla lettera **s**; la mancanza di significatività dalla sigla **ns***

Polveri Totali respirabili	n	ν	ν_{comp}	m	S^2	S_{compl}	ACCURATEZZA t	riferimento con p=95%		PRECISIONE F	riferimento con p=95%	
impasti (dati INAIL)	24	23	70	0.687	0.360	0.711	**0.97**	2.01	ns	**1.60**	1.88	ns
impasti (dati USL)	48	47		0.880	0.578							
colaggio manuale (dati INAIL)	50	49	168	0.618	0.106	0.497	**4.54**	1.96	s	**2.76**	1.53	s
colaggio manuale (dati USL)	120	119		0.990	0.292							
colaggio automatico (dati INAIL)	108	107	217	0.739	0.300	0.534	**2.64**	1.96	s	**1.11**	1.44	ns
colaggio automatico (dati USL)	111	110		0.930	0.270							
collaudo (dati INAIL)	49	48	125	1.291	1.405	0.896	**2.09**	1.96	s	**3.60**	1.53	s
collaudo (dati USL)	78	77		0.950	0.410							
verniciatura (dati INAIL)	56	55	135	0.862	0.610	0.717	**0.94**	1.96	ns	**1.36**	1.51	ns
verniciatura (dati USL)	81	80		0.980	0.449							
forno (dati INAIL)	27	26	64	0.349	0.034	0.233	**2.60**	2.00	s	**1.97**	1.85	s
forno (dati USL)	39	38		0.500	0.088							
magazzino (dati INAIL)	23	22	43	0.356	0.093	0.302	**2.31**	2.02	s	**1.51**	2.07	ns
magazzino (dati USL)	22	21		0.560	0.096							
totale dati (dati INAIL)	390	389	1165	0.748	0.508	0.601	**2.49**	1.96	s	**1.78**	1.00	s
totale dati (dati USL)	767	766		0.841	0.286							

Quarzo respirabile	n	ν	ν_{comp}	m	S^2	S_{compl}	ACCURATEZZA t	riferimento con p=95%		PRECISIONE F	riferimento con p=95%	
impasti (dati INAIL)	24	23	70	0.131	0.012	0.271	**0.44**	1.99	ns	**8.32**	1.88	s
impasti (dati USL)	48	47		0.161	0.104							
colaggio manuale (dati INAIL)	50	49	168	0.053	0.001	0.095	**3.73**	1.65	s	**5.50**	1.53	s
colaggio manuale (dati USL)	120	119		0.094	0.006							
colaggio automatico (dati INAIL)	107	106	216	0.056	0.001	0.046	**3.14**	1.65	s	**1.96**	1.44	s
colaggio automatico (dati USL)	111	110		0.075	0.003							
collaudo (dati INAIL)	49	48	125	0.129	0.014	0.093	**1.48**	1.65	ns	**2.64**	1.53	s
collaudo (dati USL)	78	77		0.104	0.005							
verniciatura (dati INAIL)	55	54	134	0.119	0.015	0.127	**0.95**	1.65	ns	**1.17**	1.51	ns
verniciatura (dati USL)	81	80		0.098	0.017							
forno (dati INAIL)	27	26	64	0.035	0.000	0.020	**0.31**	2.00	ns	**1.53**	1.85	ns
forno (dati USL)	39	38		0.037	0.000							
magazzino (dati INAIL)	23	22	43	0.024	0.001	0.026	**3.25**	1.68	s	**1.10**	2.07	ns
magazzino (dati USL)	22	21		0.049	0.001							
totale dati (dati INAIL)	366	367	1163	0.076	0.007	0.092	**2.13**	1.65	s	**1.25**	1.00	s
totale dati (dati USL)	767	766		0.088	0.009							

n = numero di misure — ν_{comp} = gradi di libertà complessivi — S^2 = varianza
ν = gradi di libertà — m = media — S_{compl} = deviazione standard complessiva

Dal raffronto operato per ogni singola mansione sono state evidenziate tutte le condizioni per le quali lo scarto tra le medie risulta significativo (dati evidenziati dalla lettera **s**), quando cioè il valore di **t** calcolato risulta superiore al suo corrispettivo presente in tabella. In modo analogo è stato valutato il grado di precisione esistente tra le due serie di dati calcolando il rapporto tra i valori di varianza (test **F** di Snedecor) di ciascuna delle due serie di dati e confrontando i risultati con il valore di **F** predeterminato dalla tabella in funzione del livello di confidenza prescelto; ove il valore di **F** calcolato risulti superiore al valore tabulato, la divergenza tra le due popolazioni di dati, in termini di precisione, deve essere ritenuta significativa.
Per entrambe le tipologie di dati (polveri totali e quarzo) relativi alle aziende di produzione di articoli sanitari, risulta persistere una generalizzata differenza, statisticamente significativa in termini di accuratezza e precisione, fra i dati raccolti dalla ASL di Viterbo e quelli INAIL. I reparti dove è più evidente tale risultato sono il colaggio sia manuale che a macchina, il collaudo e il magazzino. Le tabelle di elaborazione statistica testimoniano tale affermazione.
Anche per il comparto di produzione delle stoviglie (tabella 2) l'analisi comparativa del complesso dei dati, indica una generalizzata differenza sia in termini di accuratezza e di precisione fra i dati rilevati. Entrando nel dettaglio delle singole mansioni, i test statistici evidenziano un buon grado di accuratezza tra le serie di dati relative alla concentrazione di silice cristallina nelle polveri, cui fa riscontro la differenza, significativa in termini di precisione, osservata nei reparti *filtropressa, foggiatura* e *rifinitura.*

Tabella 2
*Confronto statistico dei dati relativi alle aziende di produzione di stoviglie: la significatività statistica al 95% è evidenziata dalla lettera **s**; la mancanza di significatività dalla sigla **ns***

Polveri Totali respirabili	n	ν	ν_{comp}	m	s^2	s_{comp}	ACCURATEZZA t	ACCURATEZZA riferimento con p=95%		PRECISIONE F	PRECISIONE riferimento con p=95%	
impasti (dati INAIL)	14	13	47	0.352	0.033	0.280	2.68	2.01	s	2.91	2.36	s
impasti (dati USL)	35	34		0.590	0.096							
filtropressa (dati INAIL)	6	5	10	0.337	0.053	0.195	0.47	2.23	ns	2.38	6.05	ns
filtropressa (dati USL)	5	5		0.390	0.023							
foggiatura (dati INAIL)	48	47	100	0.379	0.121	0.318	0.81	1.98	ns	1.44	1.59	ns
foggiatura (dati USL)	54	53		0.430	0.084							
rifinitura (dati INAIL)	14	13	37	0.370	0.031	0.589	1.57	2.03	ns	16.76	2.42	s
rifinitura (dati USL)	25	24		0.680	0.518							
forno (dati INAIL)	17	16	45	0.236	0.017	0.179	3.39	2.02	s	2.34	2.20	s
forno (dati USL)	30	29		0.420	0.040							
totale dati (dati INAIL)	168	167	329	0.329	0.064	0.321	9.09	1.66	s	2.82	1.00	s
totale dati (dati USL)	160	159		0.508	0.154							

Quarzo respirabile	n	ν	ν_{comp}	m	s^2	s_{comp}	ACCURATEZZA t	ACCURATEZZA riferimento con p=95%		PRECISIONE F	PRECISIONE riferimento con p=95%	
impasti (dati INAIL)	14	13	47	0.051	0.002	0.041	0.16	2.01	ns	1.34	2.36	ns
impasti (dati USL)	35	34		0.053	0.002							
filtropressa (dati INAIL)	6	5	10	0.053	0.003	0.039	0.97	2.23	ns	12.78	6.05	s
filtropressa (dati USL)	5	5		0.031	0.000							
foggiatura (dati INAIL)	48	47	95	0.029	0.001	0.036	1.08	1.99	ns	2.55	1.69	s
foggiatura (dati USL)	49	48		0.037	0.002							
rifinitura (dati INAIL)	14	13	36	0.048	0.001	0.089	0.48	2.03	ns	11.00	1.53	s
rifinitura (dati USL)	24	23		0.062	0.012							
forno (dati INAIL)	17	16	39	0.021	0.000	0.023	1.68	2.02	ns	2.26	2.42	ns
forno (dati USL)	24	23		0.033	0.001							
totale dati (dati INAIL)	168	167	312	0.028	0.001	0.047	3.56	1.66	s	4.42	1.00	s
totale dati (dati USL)	146	145		0.047	0.004							

n = numero di misure
ν = gradi di libertà
ν comp = gradi di libertà complessivi
m = media
s^2 = varianza
s_{comp} = deviazione standard complessiva

Conclusioni

L'analisi comparativa qui presentata, di cui si sottolinea l'aspetto preliminare nella ricerca di criteri metodologici comuni per la verifica dell'esposizione a silice cristallina nelle aziende ceramiche, evidenzia come per entrambi i comparti produttivi la differenza tra le due serie di dati risulti statisticamente significativa. Ciò è in apparente contrasto con il sostanziale accordo mostrato dai dati medi di esposizione calcolati su ciascuna classe omogenea stabilita e con i relativi valori di GSD, considerato il tipo di lavorazioni prese in considerazione. Fatta esclusione per i cicloni selettori, le tecniche di campionamento adottate per il prelievo delle polveri appaiono analoghe; tale condizione sembrerebbe far concludere che le fluttuazioni derivino essenzialmente dal diverso metodo di prelievo e di analisi prescelto per la valutazione dell'esposizione.
Va tuttavia posta attenzione sulla molteplicità delle variabili che in misura più o meno forte concorrono alla determinazione del dato di esposizione, quali ad esempio le differenti finalità con le quali le due serie di dati sono state rilevate, che si riflettono in strategie di campionamento notevolmente diverse fra i due enti. Come è noto i monitoraggi ambientali condotti dall'INAIL hanno lo scopo di determinare se, sul piano amministrativo, esistono le condizioni per l'applicabilità del premio supplementare silicosi; poichè l'intervento strumentale è limitato ai soli reparti per i quali esiste un specifica richiesta, la verifica strumentale, a differenza di quella condotta dall'ASL non sempre consente di delineare in modo complessivo l'andamento dell'esposizione alle polveri per i lavoratori.
Altro punto nodale è rappresentato proprio dal tipo di selezione che si opera per frazionare l'insieme dei dati in classi omogenee, sulle quali successivamente vengono condotte le elaborazioni statistiche. La semplice suddivisione in base al tipo di mansione può non rivelarsi sufficiente per catalogare le figure professionali con attività di tipo misto. Si può citare come esempio l'attività svolta nel reparto colaggio del settore sanitari dove, accanto agli addetti alle operazioni di preparazione stampi, colaggio e sformatura, coesistono operai che si occupano anche della fase di rifinitura in cabina. Un ulteriore fattore di variabilità è infine rappresentato dalla presenza (o meno) di efficaci sistemi di prevenzione dell'inquinamento ambientale; ci si riferisce in particolare allo stato di pulizia dei pavimenti durante il turno di lavoro, ampiamente variabile tra le diverse aziende.
A partire dalle indicazioni sin qui ottenute, l'accordo di collaborazione si propone di approfondire tutti i punti critici sopra evidenziati, la cui comprensione costituisce l'elemento fondamentale per l'identificazione di un profilo di rischio specifico per ciascuna figura professionale operante nel settore.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH): *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents – Biological Exposure Indices 2000*. ACGIH, Cincinnati, 2000.

Cattani G., Cavariani F., Marconi A., Quercia A.: *Valutazione dell'esposizione a silice cristallina nel comprensorio ceramico di civita castellana*. Atti del 18° Congresso Nazionale AIDII, Trento 21 – 24.

Cavariani F., Cacchioli G.: *Il Comprensorio della ceramica di Civita Castellana – Profilo dei rischi lavorativi,* Atti Convegno Nazionale Comparto Ceramica, Civita Castellana (VT), Ideastampa, 1989.

CONTARP – Direzione Regionale Lazio*: Monitoraggio ambientale del comprensorio ceramico di Civita Castellana (VT)*, INAIL, 1996.

Cozzi R., Protti P., Ruaro T.: Analisi chimica, moderni metodi strumentali. Ed. Zanichelli, 1996
Ripanucci G.: *Guida metodologica per l'accertamento del rischio silicosi*, Ed. INAIL, 1992.

Ripanucci G., Verdel U.: *Contributo alla conoscenza dell'inquinamento da polveri minerali nel comprensorio ceramico di Civita Castellana (VT),* Convegno Nazionale Comparto Ceramica; 148 – 156, 1989.

Ripanucci G., Verdel U.: *Il prelievo della frazione respirabile delle polveri minerali aerodisperse mediante campionatori personali,* "Riv. Inf. Mal. Prof.", 1989, fascicolo n° 6.

Verdel U.: *Un problema tecnico ultracinquantennale: la valutazione del rischio assicurativo da silice libera cristallina,* "Riv. Inf. Mal. Prof.", 1998, fascicolo n° 4-5.

WHO, IARC: *Monographs on the Evaluation of the carcinogenic Risk of Chemicals to Humans – Silica, some Silicates, Coal dust and para-aramid Fibrilis*. Lyon, Vol. 68, 1997.

Tabella 3
Quadro riassuntivo dei dati statistici relativi ai monitoraggi effettuati nel comparto sanitari.

sanitari	Polveri totali respirabili (dati ASL)										
mansione	n	max	min	M	S	GM	GSD	S^2	std error	CV	confidenza
impasti	46	3.500	0.210	0.893	0.760	0.640	2.110	0.575	0.1097	85.37	0.2190
colaggio	265	4.390	0.140	0.960	0.580	0.810	1.790	0.336	0.0354	60.42	0.0694
colaggio manuale	132	3.390	0.180	0.990	0.540	0.850	1.770	0.292	0.0469	54.55	0.0926
colaggio a macchina	111	2.790	0.240	0.930	0.520	0.810	1.710	0.270	0.0494	55.91	0.0967
collaudo	76	3.560	0.210	0.950	0.640	0.770	1.960	0.410	0.0725	67.37	0.1420
verniciatura	81	4.160	0.210	0.980	0.670	0.800	2.170	0.449	0.0744	68.37	0.1459
forno	39	1.430	0.200	0.530	0.260	0.460	1.560	0.068	0.0416	82.00	0.0816
magazzino	22	1.180	0.220	0.560	0.310	0.480	1.820	0.096	0.0661	55.36	0.1295
totale	787	4.390	0.140	0.845	0.636	0.701	1.884	0.286	0.0193	63.82	0.0379

sanitari	Polveri totali respirabili (dati INAIL)										
reparto/mansione	n	max	min	M	S	GM	GSD	S^2	std error	CV	confidenza
impasti	24	2.843	0.165	0.887	0.600	0.630	2.010	0.480	0.122	87.35	0.253
colaggio manuale	50	1.764	0.159	0.618	0.325	0.552	1.601	0.520	0.046	52.61	0.0924
colaggio macchina	103	4.047	0.132	0.739	0.547	0.609	1.843	0.615	0.0627	74.03	0.104
collaudo	46	6.067	0.302	1.261	1.196	0.862	2.009	0.920	0.171	92.79	0.344
verniciatura	56	4.405	0.198	0.862	0.781	0.578	1.911	0.610	0.104	90.61	0.209
forno	27	0.951	0.132	0.349	0.195	0.312	1.593	0.301	0.0357	53.18	0.0734
magazzino	23	1.228	0.081	0.366	0.262	0.306	1.838	0.260	0.0525	68.78	0.109
reparto gessi	11	0.756	0.155	0.388	0.224	0.332	1.772	0.320	0.0676	58.08	0.151
rifinitura	14	3.570	0.272	1.424	0.928	1.140	2.060	1.270	0.248	65.16	0.536
altre	25	1.035	0.153	0.437	0.230	0.369	1.693	0.367	0.046	52.72	0.095
totale	390	6.067	0.051	0.748	0.713	0.571	2.002	0.559	0.0361	95.28	0.071

sanitari	Silice respirabile (dati ASL)										
reparto/mansione	n	max	min	M	S	GM	GSD	S^2	std error	CV	confidenza
impasti	46	1.632	0.008	0.161	0.322	0.075	2.945	0.104	0.0485	200.00	0.0911
colaggio	265	0.079	0.008	0.035	0.004	0.004	2.160	0.004	0.0039	76.29	0.0077
colaggio manuale	132	0.417	0.011	0.044	0.075	0.070	2.169	0.006	0.0066	79.79	0.0134
colaggio a macchina	111	0.295	0.012	0.079	0.051	0.060	1.969	0.003	0.0048	66.00	0.0096
collaudo	76	0.410	0.010	0.104	0.073	0.080	2.161	0.005	0.0083	70.19	0.0162
verniciatura	81	0.628	0.011	0.068	0.131	0.060	2.662	0.017	0.0146	193.67	0.0286
forno	39	0.074	0.011	0.037	0.018	0.033	1.706	0.000	0.0029	48.65	0.0056
magazzino	22	0.115	0.011	0.049	0.025	0.043	1.777	0.001	0.0053	51.02	0.0104
totale	787	1.632	0.008	0.088	0.096	0.061	2.185	0.009	0.0034	107.97	0.0067

sanitari	Silice respirabile (dati INAIL)										
reparto/mansione	n	max	min	M	S	GM	GSD	S^2	std error	CV	confidenza
impasti	24	0.459	0.020	0.131	0.112	0.089	2.592	0.105	0.0229	84.91	0.0471
colaggio manuale	50	0.190	0.014	0.053	0.032	0.046	1.720	0.045	0.00452	60.42	0.00909
colaggio macchina	107	0.213	0.006	0.056	0.037	0.048	1.946	0.049	0.00353	65.19	0.00701
collaudo	46	0.607	0.021	0.129	0.119	0.094	2.216	0.100	0.0169	91.90	0.0341
verniciatura	56	0.700	0.020	0.119	0.121	0.088	2.067	0.082	0.0163	101.66	0.0327
forno	27	0.088	0.013	0.035	0.022	0.023	1.758	0.054	0.00429	62.89	0.00882
magazzino	23	0.103	0.012	0.024	0.026	0.011	1.564	0.015	0.00547	108.48	0.0113
rifinitura	14	0.330	0.021	0.155	0.099	0.119	2.319	0.158	0.0266	64.12	0.0574
reparto gessi	11	0.029	0.002	0.014	0.008	0.010	2.461	0.014	0.0024	58.82	0.00535
altre	25	0.130	0.006	0.039	0.028	0.031	2.096	0.055	0.0057	72.80	0.0117
totale	393	0.7	0	0.076	0.085	0.000	2.561	0.060	0.00431	112.234	0.00848

n = numero di misure
max = valore massimo
min = valore minimo
M = valore medio
S = deviazione standard
GM = media geometrica
GSD = deviazione standard geometrica
S^2 = varianza
CV = Coefficiente di variazione

Tabella 4
Quadro riassuntivo dei dati statistici relativi ai monitoraggi effettuati nel comparto sanitari.

STOVIGLIE	Polveri totali respirabili (dati ASL)										
reparto/mansione	n	max	min	M	S	GM	GSD	S^2	std error	CV	confidenza
impasti	35	1.500	0.210	**0.690**	0.310	0.630	1.620	0.096	0.0524	52.54	0.1027
smalti	8	1.120	0.200	**0.620**	0.410	0.490	2.170	0.168	0.1634	66.13	0.3594
filtropressa	6	0.690	0.290	**0.390**	0.150	0.370	1.380	0.023	0.0612	38.46	0.1200
stampi	8	1.040	0.190	**0.450**	0.390	0.360	2.080	0.152	0.1744	86.67	0.3418
foggiatura	54	1.510	0.190	**0.430**	0.290	0.370	1.670	0.084	0.0395	67.44	0.0773
rifinitura	25	3.990	0.260	**0.680**	0.720	0.540	1.800	0.518	0.1440	105.88	0.2822
cottura	30	0.920	0.200	**0.420**	0.200	0.380	1.560	0.040	0.0365	47.62	0.0716
totale	180	3.992	0.190	**0.606**	0.392	0.430	1.71	0.154	0.0010	77.17	0.0607

STOVIGLIE	Polveri totali respirabili (dati INAIL)										
mansione	n	max	min	M	S	GM	GSD	S^2	std error	CV	confidenza
impasti/smalti	14	0.747	0.119	**0.382**	0.182	0.313	1.660	0.033	0.0486	51.56	0.0952
filtropressa	6	0.787	0.176	**0.337**	0.231	0.290	1.745	0.053	0.0944	68.68	0.1850
stampi	2	0.506	0.334	**0.485**	0.185	0.446	1.508	0.034	0.1310	39.84	0.2568
forno	17	0.506	0.096	**0.236**	0.131	0.206	1.699	0.017	0.0317	55.40	0.0622
foggiatura	48	1.798	0.012	**0.379**	0.347	0.256	2.651	0.121	0.0502	91.70	0.0983
rifinitura	14	0.660	0.107	**0.370**	0.176	0.323	1.793	0.031	0.0470	47.48	0.0921
decorazione/incasellatura	22	0.714	0.157	**0.319**	0.136	0.296	1.451	0.019	0.0290	42.63	0.0569
magazzino	10	0.354	0.023	**0.188**	0.085	0.160	2.080	0.007	0.0268	45.10	0.0524
spolvero	4	0.336	0.205	**0.287**	0.056	0.282	1.249	0.003	0.0291	20.30	0.0570
smaltatura	22	0.662	0.101	**0.319**	0.171	0.275	1.782	0.029	0.0366	53.71	0.0716
altre	9	0.668	0.147	**0.329**	0.220	0.265	1.703	0.048	0.0733	66.82	0.1437
totale	168	1.798	0.012	**0.329**	0.233	0.266	2.010	0.054	0.0180	70.94	0.0353

STOVIGLIE	Silice respirabile (dati ASL)										
reparto/mansione	n	max	min	media	stdev	media geostdev geo	varianza	std error	ft. Variaz.	confidenza	
impasti	35	0.210	0.017	**0.053**	0.039	0.044	1.803	0.002	0.0066	73.58	0.0129
smalti	4	0.326	0.045	**0.147**	0.127	0.111	1.859	0.016	0.0635	86.39	0.1245
filtropressa	6	0.060	0.029	**0.031**	0.015	0.019	1.627	0.000	0.0061	48.39	0.0120
stampi	4	0.053	0.006	**0.026**	0.024	0.019	2.614	0.001	0.0120	92.31	0.0235
foggiatura	49	0.295	0.009	**0.037**	0.045	0.027	2.051	0.002	0.0064	121.62	0.0126
rifinitura	24	0.551	0.008	**0.062**	0.109	0.037	2.370	0.012	0.0220	174.19	0.0432
cottura	24	0.123	0.010	**0.033**	0.026	0.026	1.937	0.001	0.0053	78.79	0.0104
totale	148	0.551	0.006	**0.047**	0.061	0.033	2.13	0.004	0.0050	129.79	0.0099

STOVIGLIE	Silice respirabile (dati INAIL)										
reparto/mansione	n	max	min	M	S	GM	GSD	S^2	std error	CV	confidenza
impasti/smalti	14	0.159	0.011	**0.051**	0.045	0.038	2.203	0.002	0.0121	88.60	0.0238
filtropressa	6	0.154	0.015	**0.053**	0.054	0.037	2.399	0.003	0.0219	101.19	0.0429
stampi	2	0.025	0.005	**0.015**	0.014	0.011	3.121	0.000	0.0100	94.28	0.0196
forno	17	0.050	0.003	**0.021**	0.017	0.014	2.644	0.000	0.0042	83.11	0.0082
foggiatura	48	0.175	0.001	**0.029**	0.026	0.021	2.279	0.001	0.0041	97.66	0.0080
rifinitura	14	0.119	0.002	**0.049**	0.033	0.032	3.105	0.001	0.0087	68.14	0.0171
decorazione/incasellatura	22	0.034	0.005	**0.013**	0.008	0.011	1.704	0.000	0.0017	61.07	0.0033
magazzino	10	0.019	0.003	**0.011**	0.005	0.010	1.805	0.000	0.0017	48.20	0.0033
spolvero	4	0.018	0.008	**0.013**	0.005	0.012	1.480	0.000	0.0024	38.37	0.0047
smaltatura	22	0.063	0.007	**0.025**	0.017	0.020	1.885	0.000	0.0035	66.68	0.0069
altre	9	0.121	0.008	**0.032**	0.034	0.024	2.099	0.001	0.0114	105.80	0.0223
totale	168	0.175	0.00139	**0.029**	0.029	0.019	2.397	0.001	0.0022	102.77	0.0044

n = numero di misure
max = valore massimo
min = valore minimo
M = valore medio
S = deviazione standard
GM = media geometrica
GSD = deviazione standard geometrica
S^2 = varianza
CV = Coefficiente di variazione

CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE A SILICE CRISTALLINA NEL COMPARTO FONDERIE DELLA LOMBARDIA

B. Rimoldi, D. Rughi***

* INAIL - Direzione Regionale Lombardia - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione
** INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Nonostante l'innovazione tecnologica abbia dato origine a realtà lavorative ad automazione spinta, con notevoli benefici da punto di vista dell'igiene industriale, gli ambienti di fonderia sono tuttora interessati dal rischio di esposizione a polveri di silice cristallina, soprattutto per imprese di piccola e media dimensione.
Il presente lavoro illustra i risultati dell'elaborazione statistica di un campione di misure di polvere respirabile raccolte nel triennio 1996-1998 in un gruppo di fonderie lombarde, analizzato in funzione del tipo di metallo fuso e della mansione, sul quale è stata condotta una elaborazione volta a verificare la dispersione statistica del campione dei valori. Degli oltre 90 campioni analizzati circa il 22% supera la soglia assicurativa per la silice cristallina di 0.05 mg/m^3. GSD elevate ed ampi range caratterizzano i valori relativi alle fonderie di metalli non ferrosi, dove dominano le piccole imprese a carattere artigianale.

Introduzione

Con il motto "If it is silica, it's not just dust!" esordiva la campagna di educazione nazionale per la prevenzione della silicosi negli USA, sul cui fronte erano impegnati l'OSHA, il Mine Safety and Health Administration (MSHA), il NIOSH e l'American lung Association. In precedenza l'OSHA, nel maggio 1996, aveva anticipato questa campagna con uno *Special Emphasis Program* indirizzato alla prevenzione dell'esposizione alla silice cristallina, sulla base di dati che evidenziavano notevoli esposizioni a silice nei settori delle sabbiature, nella produzione del cemento e delle pavimentazioni stradali e nelle fonderie.
In un proprio report il NIOSH indicava, tra le industrie con concentrazione di silice nella frazione respirabile superiore di almeno due volte il PEL, le fonderie di ferro e acciaio e di laminazione ed estrusione di metalli non ferrosi; i dati raccolti mostravano che circa il 23% dei campioni di silice respirabile erano caratterizzati da una concentrazione superiore a 0.20 mg/m^3 di SiO_2.
I dati di esposizione riportati dallo IARC (1996) relativi a misure condotte negli anni '70 in fonderie di Svezia, Finlandia, USA e Canada evidenziano livelli di esposizione veramente elevati; per le fonderie di ghisa svedesi ad esempio il dato medio complesssivo era pari a 0.63 mg/m^3 con un range di 0.20-4.21 mg/m; per il Canada, nel decennio successivo, veniva riportata una media di 0.086 mg/m^3. Castellet et al. (1998) riportano come dati per le fonderie relativi alla frazione respirabile della silice:

Tabella 1

settore/mansione	n° campioni	Range	GM	GSD	> TLV/TWA (%)
Ghisa	74	0.006-0.870	0.029	2.4	5.4
Acciaio	40	0.001-0.030	0.005	2.1	0
Alluminio/bronzo	14	0.010-0140	0.036	2.2	7.1
Ottone/bronzo	11	0.001-0.046	0.012	3	0
Ghisa - add. Forno	11	0.019-0.080	0.029	2.1	0
Ghisa - add. Formatura	15	0.010-0.055	0.030	1.6	0
Acciaio-add.forno	8	0.002-0.020	0.005	2.1	0

Materiali e metodi

Le fonderie sono da sempre ambienti di lavoro tipicamente caratterizzati dal rischio polveri e silice. Nonostante l'innovazione tecnologica abbia dato origine a realtà lavorative ad automazione spinta, con notevoli benefici dal punto di vista dell'igiene industriale, in questo settore sussistono ancora, soprattutto tra le piccole e medie imprese, situazioni ad alto rischio silicotigeno. Tra le operazioni maggiormente indiziate di esporre a rischio gli addetti possiamo citare le attività di:

- produzione anime;
- formatura;
- distaffatura;
- finitura (operazioni varie);
- molazzatura e riciclo terre;
- sabbiatura e granigliatura;
- pulizie;
- altre operazioni che contemplano la manipolazione delle terre di fonderia.

Per la formatura, in particolare, l'esposizione è legata all'impiego della sabbia silicea pura o mescolata ad argilla, utilizzata per creare le forme di colata impiegate nella fusione di metalli ferrosi e non ferrosi. Oltre alla sabbia silicea viene impiegata anche la cosiddetta farina silicea o "*silica flour*", prodotto di uso industriale non sempre etichettato come contenente silice, spesso confuso con la silice amorfa. La sabbia per le anime è generalmente rappresentata per almeno 90% da quarzo, di cui il 5% è rappresentato dalla frazione respirabile.
Alti livelli di esposizione a SiO_2 si riscontrano nelle fase di *finitura*, con un 28% di silice respirabile nelle polveri aerodisperse, e nella *sterratura* con più del 20%; nel caso di utilizzazione di sabbia ricondizionata la percentuale di silice scende al 7%.
Contrariamente ad altri processi tecnologici le operazioni di fonderia non possono essere eseguite con procedimenti di lavorazione "ad umido" a causa delle elevate temperature di esercizio. Problematico risulta inoltre il controllo della dispersione delle polveri con sistemi di abbattimento elettrostatici e durante le operazioni di manutenzione (refrattari, etc...). Un ulteriore problema sembra essere rappresentato dall'uso della bentonite durante le fasi di *molazzatura* e di *finitura*.
Nel presente lavoro vengono riassunti i risultati dei monitoraggi condotti nel periodo 1996-1999 in un gruppo di fonderie lombarde; i dati si riferiscono a più di 90 prelievi di polvere respirabile, effettuati per verificare, ai fini dell'applicazione del premio supplementare silicosi, l'esistenza di situazioni di rischio per esposizione a silice cristallina il cui limite, di recente, è stato ridotto dall'autorevole ACGIH a 0.05 mg/m^3 per la sua frazione respirabile, classificando inoltre tale sostanza cancerogena per inalazione.
Più della metà dei prelievi effettuati si riferisce ad ambienti di fonderia nei quali vengono lavorati metalli ferrosi (aziende produttrici di billette, e di elementi in ferrolega e in ghisa).

Per le fonderie di metalli non ferrosi i dati si riferiscono principalmente ad aziende produttrici di componenti per l'industria automobilistica (*cerchi in lega*) e accessori per arredamento, quali rubinetterie e maniglie in lega di ottone e di bronzo. Per tali tipologie di produzione è ovvio considerare che l'esposizione a silice cristallina varia in funzione del tenore di quarzo presente nelle terre utilizzate durante le fasi di formatura e della tecnica adottata per eseguirla.
La verifica dell'esposizione alle polveri e del loro contenuto in SiO_2 cristallina è stata eseguita prelevando la sola frazione respirabile, seguendo il protocollo di analisi adottato dall'INAIL a partire dagli anni '90, che fa riferimento all'allegato VIII del D. Lgs 277/91. Per il prelievo della frazione respirabile è stato pertanto adottato un ciclone separatore con taglio mediano pari a 5 µm; il supporto filtrante è rappresentato da membrane in argento da 25 mm con porosità equivalente a 0.8 µm. Per quanto riguarda il dosaggio della silice cristallina si è ricorsi alla tecnica di analisi XRD utilizzando un diffrattometro PHILIPS PW serie 1830 in condizioni standardizzate (40 mA, 40 kV) e relativo software di acquisizione dati operante su piattaforma Windows.

Discussione dei dati

L'elaborazione statistica complessiva dei risultati dei monitoraggi (*test del χ^2, test di Kolmogorov-Smirnoff, P-value test*) evidenzia per entrambe le distribuzioni un andamento di tipo lognormale con un grado di confidenza di almeno il 90% sia per le polveri totali respirabili che per la frazione respirabile della silice.
Nella tabella 2 viene riportata una sintesi dei risultati ottenuti suddivisi per tipologia di produzione. Tra le aziende di trattamento di metalli ferrosi il valore di impolveramento più elevato riguarda le aziende di lavorazione della ghisa, per le quali la concentrazione di polveri respirabili è dell'ordine di 1 mg/m^3 (con intervallo di variazione compreso tra 0.113 mg/m^3 e 5.22 mg/m^3) associato al valore medio più elevato di concentrazione di silice cristallina; il 45% dei dati è risultato superiore al valore di 0.05 mg/m^3. In sostanza, le fonderie di ghisa appaiono più "primitive" come impianti e tipologia di lavorazione e, nella maggior parte dei casi, caratterizzate da un basso grado di automazione spesso determinato dalle dimensioni ragguardevoli degli elementi da realizzare. Un'ulteriore causa della dispersione di polveri nell'ambiente è determinata dalla presenza sulla pavimentazione di uno strato di terra di fusione, steso a protezione dagli spillaggi indesiderati.
Per le aziende di produzione di acciaio e ferroleghe i valori di impolveramento risultano più modesti; in un solo caso viene superata la soglia di 0.05 mg/m^3 di silice cristallina.
Nelle aziende di lavorazione di materiali non ferrosi il dato medio per le poveri respirabili (0.608 mg/m^3) e per la silice (0.043 mg/m^3) evidenzia una situazione di dispersione più marginale rispetto alle aziende dei ferrosi. Tra le tre tipologie di lavorazione (*alluminio, bronzo e ottone*) i più elevati valori di esposizione alla silice cristallina si riscontrano tra i lavoratori del settore dell'alluminio, dove circa il 39% dei casi soggetti a controllo supera il valore di 0.05 mg/m^3. Tale condizione riflette il minor grado di automazione degli impianti rispetto a quello osservato nelle aziende di produzione di rubinetti e maniglie in ottone e bronzo.
I valori di GSD per le singole categorie si discostano dal valore di riferimento proposto dal NIOSH, secondo il quale l'andamento dell'inquinamento ambientale è descritto da una distribuzione lognormale con GSD=1.22. I dati ottenuti appaiono più congruenti con le osservazioni condotte da *Oudyk* nelle fonderie canadesi, secondo il quale la rappresentatività appare garantita anche da una GSD non superiore al valore di 2.5. Ad analoghe considerazioni perviene un recente studio condotto in un gruppo di aziende ceramiche da Cattani et al., per i quali l'elaborazione statistica dei dati misurati, pur di tipo lognormale, mal si accorda con il valore di GSD indicato dal NIOSH.

Tabella 2

Sintesi dei risultati suddivisi per tipologia di produzione

	FONDERIE FERROSI (tutti)			FONDERIE NON FERROSI (tutti)		
	SiO_2 %	Conc. Polveri mg/m3	Conc. Silice mg/m3	SiO2 %	Conc. Polveri mg/m3	Conc. Silice mg/m3
Media	3.7	0.971	0.002	6.9	0.608	0.043
Min	2.8	0.113	0.033	1.1	0.077	0.002
Max	15.8	5.225	0.165	15.8	2.184	0.223
σ		0.894	0.042	3.9	0.495	0.046
Range		0.113-5.225	0.002-0.165	1.1-15.8	0.077-0.608	0.002-0.043
GM		**0.723**	**0.015**		**0.453**	**0.028**
GSD		**2.13**	**3.764**		**2.3**	**2.8**
	FONDERIE FERROSI (acciaierie+ferroleghe)			FONDERIE NON FERROSI (ottone-bronzo)		
Media	1.8	0.943	0.011	8.5	0.239	0.021
Min	0.2	0.113	0.002	2.8	0.077	0.002
Max	7.0	5.225	0.051	15.8	0.663	0.047
σ	1.6	1.050	0.012	2.8-15.8	0.077-0.663	0.002-0.047
Range	0.2-1.8	0.113-5.225	0.002-0.051	4.6	0.140	0.012
GM		**0.668**	**0.007**		**0.208**	**0.017**
GSD		**1.9**	**1.0**		**1.7**	**2.4**
	FONDERIE FERROSI (ghisa)			FONDERIE NON FERROSI (Alluminio)		
edia	6.3	1.010	0.065	6.0	0.877	0.055
Min	2.3	0.158	0.008	1.1	0.402	0.002
Max	13.8	2.398	0.165	14.2	2.184	0.223
s	3.4	0.633	0.049	1.1-14.2	0.402-2.184	0.002-0.223
Range	2.3-13.8	0.158-2.398.	0.008-0.165	3.1	0.5	0.1
GM		**0.810**	**0.047**		**0.777**	**0.037**
GSD		**2.1**	**2.4**		**1.6**	**2.9**

Per quanto riguarda le singole mansioni (tabelle 3 e 4) i dati statistici costruiti per gruppi omogenei, relativamente alle aziende di fusione di metalli ferrosi, mostrano un consistente grado di variabilità, testimoniato dall'entità del *range* di variazione delle polveri totali respirabili (0.113-5.225 mg/m3), con valori di esposizione più elevati per gli addetti alla *formatura* e agli *animisti*. I valori di GSD riferiti alle polveri totali respirabili risultano nel complesso più bassi di quelli calcolati per la silice cristallina.
Per le fonderie di metalli non ferrosi la variazione dei dati è relativamente più contenuta (0.077-2.184 mg/m3) rispetto a quello osservata
Anche in questo caso i valori GSD della silice risultano nel complesso più alti di quelli calcolati per le polveri respirabili.

Tabella 3

Sintesi dei dati relativi alle polveri totali respirabili suddivisi per mansione

MATERIALI FERROSI - POLVERI TOTALI RESPIRABILI							
mansioni	n	min	media	max	Dev. St.	GM	GSD
forno	14	0.348	1.227	5.225	1.51	0.811	2.5
gruista	6	0.333	0.791	1.408	0.41	0.701	1.7
animista	4	0.811	1.377	1.892	0.45	1.318	1.4
formatura	8	0.373	0.864	1.212	0.363	0.788	1.6
colaggio	3	0.276	0.530	0.791	0.26	0.485	1.7
altre	17	0.113	0.818	2.671	0.69	0.619	2.3
MATERIALI NON FERROSI - POLVERI TOTALI RESPIRABILI							
mansioni	n	min	media	max	Dev. St.	GM	GSD
altre	10	0.172	0.534	2.184	0.62	0.365	2.3
forno	5	0.122	0.440	0.872	0.33	0.330	2.5
lucidatura	3	0.444	0.604	0.660	0.11	0.596	1.9
animista	9	0.270	0.569	1.579	0.43	0.472	1.8
Staffe (alluminio)	6	0.683	0.963	1.497	0.31	0.926	1.4
colaggio	2	0.915	1.374	1.833			
sbavatura	4	0.444	0.604	0.606	0.107	0.596	1.2

Tabella 4

Sintesi dei dati relativi alla silice cristallina respirabile suddivisi per mansione

MATERIALI FERROSI - SILICE RESPIRABILE							
mansioni	n	min	media	max	Dev. St.	GM	GSD
forno	14	0.002	0.020	0.097	0.03	0.011	3.4
gruista	6	0.002	0.011	0.041	0.02	0.006	3.2
animista	4	0.045	0.082	0.118	0.03	0.077	1.6
formatura	8	0.008	0.062	0.165	0.056	0.043	2.6
colaggio	3	0.005	0.018	0.028	0.01	0.014	2.4
altre	17	0.002	0.009	0.030	0.01	0.007	3.7
MATERIALI NON FERROSI - SILICE RESPIRABILE							
mansioni	n	min	media	max	Dev. St.	GM	GSD
forno	5	0.002	0.016	0.043	0.02	0.008	4.1
lucidatura	3	0.012	0.038	0.066	0.02	0.032	3.9
sbavatura	4	0.012	0.038	0.066	0.022	0.032	2.0
animista	9	0.002	0.047	0.223	0.07	0.024	3.7
staffe (alluminio)	6	0.013	0.045	0.068	0.02	0.039	1.9
colaggio	2	0.088	0.120	0.151			
altre	10	0.006	0.038	0.134	0.04	0.027	2.3

Conclusioni

Dal quadro sin qui delineato dall'analisi del campione di aziende sottoposte a monitoraggio si può concludere che l'ambiente di fonderia, seppure in modo non generalizzato, sia ancora contraddistinto da situazioni di rischio, soprattutto se raffrontiamo i risultati al valore di 0.05 mg/m^3 recentemente adottato dall'ACGIH come TLV di riferimento per la silice cristallina. Degli oltre 90 campioni analizzati circa il 21% supera tale limite, con un 10% superiore a 0.1 mg/m^3. La variabilità dei dati relativi alle GSD unita all'ampiezza degli intervalli osservati per le aziende di fusione di metalli non ferrosi riflettono da un lato la realtà estremamente variegata di questo settore contraddistinta da aziende per la maggior parte a carattere artigianale e dall'altro suggerisce un approccio altrettanto "artigianale" e disomogeneo relativamente agli aspetti igienici e prevenzionali.
La varietà e la difformità dei dati è anche in parte compatibile con la finalità stessa delle indagini svolte in un contesto di verifica amministrativa del rischio piuttosto che nell'ambito di un progetto organizzato di controllo del rischio in un comparto specifico; tale fatto si riflette nella mancanza di un numero congruo di dati per alcune categorie professionali operanti nel settore.

BIBLIOGRAFIA

Castellet y Ballarà G., Marconi A., Verdel U.: *Un approccio metodologico per la stima dell'esposizione, ai fini della valutazione del rischio di silicosi*. Le giornate di Corvara, AIDII, atti del convegno, 1998, p. 169-172.

Cattani G., Cavariani F., Marconi A., Quercia A.: *Valutazione dell'esposizione a silice cristallina nel comprensorio ceramico di Civita castellana*. Atti del 18° Congresso Nazionale AIDII, Trento 21 - 24, 2000.

Oudyk J. D.: *Review of an Extensive Ferrous Foundry silica sampling program.* Appl. Occup. Envinron. Hyg. 10(4), 1995, p.331-340.

Ripanucci G.: *Guida metodologica per l'accertamento del rischio silicosi*, Ed. INAIL, 1992.

Cozzi R., Protti P., Ruaro T.: *Analisi chimica, moderni metodi strumentali*. Ed. Zanichelli,

WHO, IARC: (1997). *Monographs on the Evaluation of the carcinogenic Risk of Chemicals to Humans - Silica, some Silicates, Coal dust and para-aramid Fibrilis*. Lyon, Vol. 68, 1996.

IL MESOTELIOMA PLEURICO IN ITALIA: ELABORAZIONE DEI DATI STATISTICI INAIL DELL'ULTIMO DECENNIO PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE ATTIVITÀ LAVORATIVE A RISCHIO

A. Schneider Graziosi, S. Severi*, U. Verdel**
* INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

L'INAIL ha riconosciuto, a partire dal 1988, data di pubblicazione della Sentenza della Corte Costituzionale che ha ampliato la tutela delle malattie professionali, molte centinaia di casi di mesotelioma non necessariamente associati ad asbestosi.
Questo studio si inserisce all'interno di una più ampia ricerca volta all'identificazione delle cause dei mesoteliomi pleurici, riferendone l'origine al ciclo tecnologico all'interno del quale l'assicurato operava e, ove possibile, alle mansioni da questi esercitate.
La ricerca è strutturata su tre fasi: le prime due relative all'elaborazione dei dati statistici della banca dati INAIL, la terza relativa alla raccolta e all'analisi delle informazioni di dettaglio contenute nelle singole pratiche istituite dall'Ente. In questa sede vengono esposti i risultati delle prime due fasi.
Il periodo analizzato va dal 1988 al 1999, tuttavia all'interno di tale periodo possono individuarsi due sottoperiodi: il primo, dal 1988 al 1993, durante il quale il mesotelioma rientrava tra le malattie non tabellate e il secondo, dal 1994 al 1999, successivo all'inserimento del mesotelioma tra le malattie tabellate. Mentre i casi denunciati all'INAIL tra il 1988 e il 1993 ammontano a un totale di 19, nel secondo periodo risultano pari a 1055.
L'elaborazione dei dati ha permesso di definire la distribuzione territoriale dei casi di mesotelioma pleurico, individuando le province con maggiore incidenza della malattia, sia in termini assoluti che relativamente alla popolazione residente.
I casi denunciati sono stati anche ricondotti ai Grandi Gruppi, Gruppi, Sottogruppi e Voci dell'Industria. I casi più numerosi si hanno nell'industria metallurgica e metalmeccanica, nel settore dei trasporti e nelle costruzioni.

1. Introduzione

I mesoteliomi maligni sono tumori primitivi della pleura, del pericardio e del peritoneo che interessano le cellule mesoteliali della sierosa di rivestimento dei polmoni, del cuore e degli organi addominali. La prognosi dei mesoteliomi è sempre infausta.
In situazioni normali, questa patologia rappresenta un tumore raro, con incidenza di 1-6 casi per milione di persone/anno che aumenta per età superiori a 45 anni (Gino, 1998).
Come ormai ampiamente dimostrato sulla base sia dei dati sperimentali che delle risultanze di indagini epidemiologiche, tale incidenza aumenta sensibilmente in caso di esposizione per via inalatoria alle fibre dell'asbesto nelle sue diverse forme mineralogiche: crisotilo (fillosilicato del gruppo del serpentino), crocidolite, amosite, antofillite, tremolite e actinolite (inosilicati del gruppo degli anfiboli). L'asbesto provoca infatti un aumento di insorgenza di malattie neoplastiche quali il carcinoma del polmone e il mesotelioma maligno pleurico, pericardico e peritoneale.

Mentre l'insorgenza del carcinoma del polmone dipende da numerosi fattori, primo fra tutti il fumo di tabacco, il mesotelioma è determinato nella stragrande maggioranza dei casi dall'esposizione ad amianto, verificata per l'80% dei casi (Balletta et alii); per questo motivo lo studio dei casi di mesotelioma può fornire maggiori indicazioni sulle esposizioni ad amianto, siano esse professionali, dirette o indirette, o piuttosto para-occupazionali o ambientali.
Secondo i dati in possesso dell'INAIL, il mesotelioma maligno insorge generalmente tra i 40 e i 70 anni; il periodo di latenza tra l'esposizione ad asbesto e l'apparizione della patologia è generalmente compreso tra 10 e 40 anni (Balletta et alii).
L'insorgenza del mesotelioma dipende da numerosi fattori quali il tipo di fibre, in quanto gli anfiboli hanno un potere cancerogeno maggiore del crisotilo, le loro dimensioni, essendo più cancerogene le fibre più lunghe e più sottili, la loro concentrazione e la durata dell'esposizione, pure se la patologia può insorgere anche per esposizioni estremamente modeste per durata e concentrazione (Balletta et alii).
Condizioni di rischio di contrarre il mesotelioma si sono verificate in molte lavorazioni, in quanto le proprietà chimico-fisiche dell'asbesto ne hanno giustificato un largo uso tra gli anni '50 e gli anni '80 per l'isolamento termico e l'assorbimento acustico soprattutto nell'industria, nella cantieristica navale, nella produzione di motrici e carrozze ferroviarie e, in miscela con il cemento, nella produzione di lastre e pannelli per l'edilizia.
In ambito INAIL, la prima possibilità di riconoscimento della natura professionale del mesotelioma si è avuta con l'entrata in vigore della L. 780/1975, secondo la quale in caso di asbestosi la valutazione dell'inabilità permanente doveva tenere conto delle patologie associate dell'apparato respiratorio e cardiocircolatorio.
Successivamente, con sentenza 179/1988, la Corte Costituzionale ha sancito il diritto alle prestazioni previdenziali per malattie professionali diverse da quelle tabellate o per malattie che derivano da lavorazioni non tabellate o che si manifestano oltre i limiti cronologici previsti per l'indennizzabilità; per il riconoscimento di queste malattie l'onere della prova dell'eziologia professionale è a carico del lavoratore.
Finalmente, il D.P.R. 336/1994 (Regolamento recante le nuove tabelle delle malattie professionali dell'industria e dell'agricoltura) ha previsto alla voce 56 le "malattie neoplastiche causate dall'asbesto: mesotelioma pleurico, pericardico, peritoneale, carcinoma del polmone", associate a "lavorazioni che espongono all'azione delle fibre di asbesto anche se presenti nel talco", con periodo massimo di indennizzabilità dalla cessazione del lavoro "illimitato". La circolare n. 19 della Direzione Generale dell'INAIL, nel diffondere i contenuti del D.P.R. 336/1994, ha evidenziato che non esiste uniformità di giudizio sull'esposizione minima per determinare una neoplasia da asbesto, anche se per il mesotelioma prevale l'orientamento secondo il quale "il solo mesotelioma pleuro-peritoneale può essere conseguenza di esposizione relativamente bassa ma soltanto quando si tratti di esposizione ad anfiboli (crocidolite ed amosite)"; secondo la circolare "rimane dunque necessario l'esame tecnico delle lavorazioni in funzione della possibilità di disperdere fibre di amianto nell'aria e della natura mineralogica di queste".
L'obiettivo finale della ricerca di cui si presentano i primi risultati è l'identificazione delle lavorazioni che hanno determinato l'insorgenza di mesoteliomi e, più in particolare, l'individuazione delle mansioni specifiche svolte dal lavoratore che presenta questa patologia.

La ricerca è stata sviluppata in tre fasi:

- **fase 0**: acquisizione dei dati statistici INAIL relativi alle denunce per mesotelioma pleurico, pericardico, peritoneale nel periodo 1994-'99 e loro analisi ai fini di una valutazione preliminare della problematica;

- **fase 1**: acquisizione dei dati INAIL relativi alle singole denunce per il periodo 1988-1999 per il solo mesotelioma pleurico e loro analisi al fine della definizione della distribuzione territoriale dei casi e dell'individuazione dei settori di attività delle ditte nelle quali lavoravano gli assicurati colpiti dalla patologia;

- **fase 2**: richiesta alle Direzioni Regionali INAIL di copia di parte della documentazione contenuta nelle pratiche relative ai casi di mesotelioma individuati nella precedente fase 1, al fine della definizione di dettaglio delle mansioni specifiche degli assicurati colpiti da mesotelioma pleurico.

In questo lavoro vengono riportati e discussi i risultati della fase 0 e della fase 1, e presentato il piano di attività della fase 2, tuttora in corso.

2. Materiali e metodi

Nel corso della fase 0 della presente ricerca è stata richiesta alla Consulenza Statistico-Attuariale dell'INAIL l'estrazione dalla banca dati statistica "Infocenter" dei dati relativi alle denunce per M.P. 56, sottocodici 01, 02, 03, corrispondenti ai mesoteliomi della pleura, del pericardio e del peritoneo, nel periodo 1994-'99. Sulla base dei dati forniti è stato delineato un quadro generale del fenomeno, e, in particolare, è stata rilevata la diversa incidenza dei tre tipi di mesotelioma, come mostrato nella Figura 1.

Figura 1: Casi di mesotelioma riconosciuti tra il 1994 e il 1999 ripartiti per tipologia.

Sulla base di queste indicazioni si è deciso di richiedere alla Direzione Centrale Servizi Informativi e Telecomunicazioni dell'INAIL la fornitura, dalla Banca Dati Prevenzionale, di dati descrittivi delle singole denunce per mesotelioma della pleura, identificato con codice A 99 - M

063 (malattia non tabellata - tumore maligno della pleura) per il periodo 1988-'93 e con codice A 56-01 (malattia tabellata mesotelioma della pleura) per il periodo 1994-'99. I dati richiesti per ogni denuncia sono riportati in Tabella 1.

Tabella 1

Elenco dei dati estratti dalla Banca Dati Prevenzionale dell'INAIL per ogni denuncia di mesotelioma

NUMCASO	Numero dell'evento lesivo
DATAEVENTO	Anno denuncia
PROVINCIA	Codice della provincia
SEDE	Sede di competenza dell'evento
DATA_DEN	Data di denuncia
DATA_MORTE	Data del decesso
DATA_DEFPERM	Data di definizione in permanente
DATA_DEFMORTE	Data di definizione in morte
DATA_DEFSIND	Data di definizione senza indennizzo o negativa
TIPO_DEF_NEG	Tipo di definizione negativa
GRADO_INFORTUNIO	Grado attribuito all'infortunato
ETA'	Età al momento di manifestazione della malattia
SESSO	M=maschi, F=femmine
QUAL_PROF	Qualifica professionale
TIPO LAVORATORE	Posizione nella professione
VOCE	Voce al momento dell'infortunio
TIPO_PA	Tipo azienda
GRANDE_GRUPPO	Grande gruppo della voce di classificazione dell'azienda
GRUPPO_VOCE	Gruppo della voce di classificazione dell'azienda
VOCE_PA	1a voce di classificazione dell'azienda
DIPENDENTI	Numero dipendenti

Una volta ottenuto tali dati, si è proceduto alla loro analisi mediante elaborazioni di tipo generale ed elaborazioni finalizzate.
Le elaborazioni di tipo generale consistono nella definizione dell'andamento temporale del fenomeno tramite l'individuazione del numero di denunce per anno e del relativo esito (riconoscimento come malattia professionale o definizione negativa della pratica) e nella valutazione della distribuzione dei mesoteliomi per età e per sesso dell'assicurato.
Le elaborazioni finalizzate si riferiscono invece:

- all'individuazione della distribuzione territoriale dei mesoteliomi pleurici per provincia, verificando anche "il peso" di tale patologia, rapportando i casi al numero di residenti della provincia per l'anno 1998, ricavati dagli annali ISTAT;
- all'individuazione dei Grandi Gruppi, Gruppi, Sottogruppi e Voci dell'Industria, così come

definiti dalla "Tariffa dei premi per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali (D.M. 18/06/1988)". A questo proposito occorre notare che i dati contenuti nella Banca Dati Prevenzionale si riferiscono alla ditta presso la quale l'assicurato operava al momento di comparsa della malattia; considerando il lungo periodo di latenza dei mesoteliomi, non è possibile stabilire dalla sola analisi di tali dati se tale lavorazione sia stata effettivamente quella che ha dato luogo alla patologia.

Nel contempo, è stata attivata la fase 2 del progetto, tramite la richiesta alle Direzioni Regionali di copia della documentazione per le pratiche di mesotelioma di loro competenza.

3. Analisi dei dati

Dai dati ottenuti nella fase 1 della ricerca, ossia quelli estratti dalla Banca Dati Prevenzionale, si ricava che tra il 1988 e il 1999 l'INAIL ha ricevuto 1074 richieste di riconoscimento di malattia professionale per mesotelioma pleurico. La denuncia di tale patologia all'Istituto ha senza dubbio risentito del diverso stato normativo vigente al riguardo negli anni in esame: infatti, nel periodo 1988-1993 le denunce sono state scarsissime (19 casi in tutto), crescendo poi in maniera progressiva tra il 1994 e il 1996, fino ad attestarsi su valori più o meno costanti negli anni 1997, 1998, 1999, come evidenziato in Figura 2.

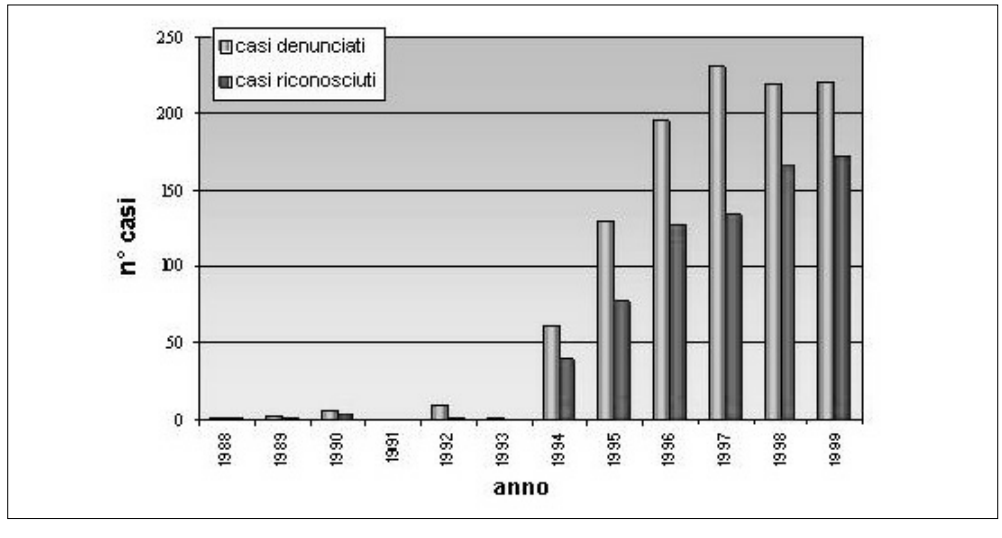


Figura 2: Casi di mesotelioma pleurico denunciati all'INAIL e casi riconosciuti per anno.

Sempre in Figura 2 è rappresentata la quota di denunce all'INAIL che ha avuto esito positivo, ossia l'insieme dei casi nei quali è stata riconosciuta sia l'esistenza della malattia "mesotelioma pleurico" che la sua origine professionale ed è stata quindi concessa una rendita all'assicurato o ai superstiti. In totale, su 1074 casi l'Istituto ha concesso una rendita in 719 casi, pari al

66,9% del totale, dando invece una definizione negativa della richiesta in 355 casi, pari al 33,1% del totale, come evidenziato in Tabella 2.

Tabella 2

Casi di mesotelioma pleurico denunciati e riconosciuti per anno.

anno	casi denunciati	casi riconosciuti	% riconosciuti
1988	1	1	100
1989	3	1	33
1990	6	4	67
1991	0	0	0
1992	8	1	13
1993	1	0	0
1994	61	39	64
1995	130	77	59
1996	195	127	65
1997	230	133	58
1998	219	165	75
1999	220	171	78
TOTALE	**1074**	**719**	**67**

La quota di denunce con esito positivo ha una certa variabilità negli anni considerati; infatti, escludendo gli anni dal 1988 al 1993 che presentano un numero troppo basso di denunce, tale quota oscilla tra il 58% del 1997 e il 78% del 1999. E' importante specificare al riguardo che i riconoscimenti/anno si riferiscono qui all'esito delle denunce di quell'anno e non alle definizioni effettivamente formulate nell'anno, che possono essere relative a pratiche aperte negli anni precedenti.
E' interessante verificare le motivazioni delle definizioni negative date per le denunce di mesotelioma pleurico, evidenziate nella Figura 3 e nella Tabella 3. Le motivazioni date più frequentemente sono il *difetto di esposizione al rischio* (cod. 29) e *non competenza INAIL/cause diverse* (cod. 34).

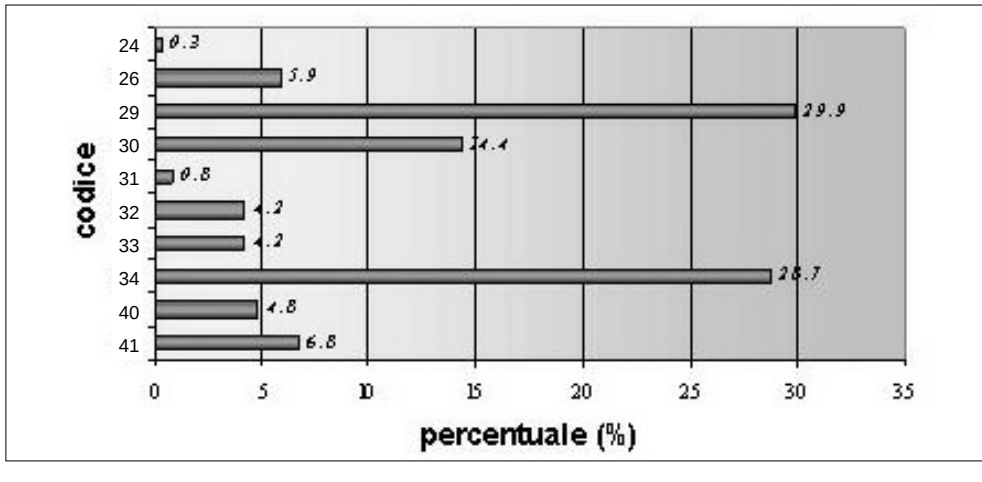


Figura 3: Motivazioni delle definizioni negative utilizzate nella trattazione delle pratiche di mesotelioma pleurico.

Tabella 3

Definizioni negative (codici utilizzati nelle pratiche di mesotelima pleurico).

Codice	Descrizione	%
24	Persona non tutelata	0,3
26	Assicurato renitente all'invito	5,9
29	Difetto esposizione al rischio	29,9
30	M.P. inesistente	14,4
31	M.P. denunciata oltre il periodo max indennizzabile	0,8
32	Malattia o lavorazione non tabellata	4,2
33	Insufficiente esposizione al rischio	4,2
34	Non competenza INAIL/cause diverse	28,7
40	Inesistente nesso eziologico	4,8
41	Prescrizione	6,8

Per quanto riguarda la ripartizione per sesso, la Figura 4 rappresenta la netta predominanza degli uomini (95%) rispetto alle donne (5%), dovuta evidentemente alle diverse mansioni e ai diversi ambienti lavorativi.

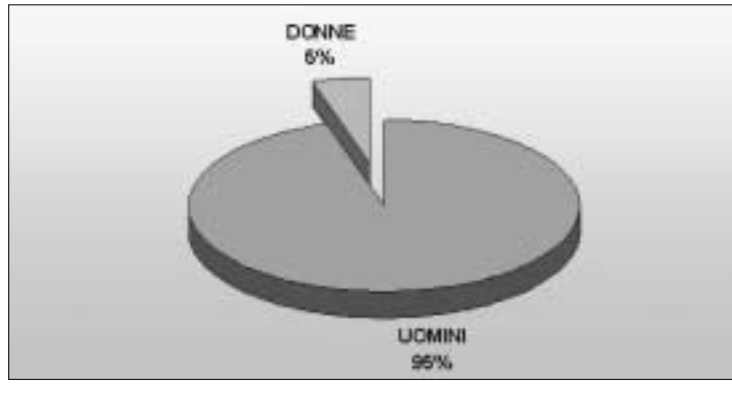


Figura 4: Ripartizione tra uomini e donne dei casi di mesotelioma pleurico riconosciuti tra il 1988 e il 1999

Relativamente alla ripartizione per età al momento della manifestazione della patologia, dalla Figura 5 si evidenzia come la maggior parte dei mesoteliomi pleurici considerati sia insorta in individui di età compresa tra 51 e 65 anni (48%) e in individui di età compresa tra 66 e 80 anni (38%). Una quota minore di casi è relativa alle classi di età 35-50 anni (11%) e 81-90 anni (3%). I dati ottenuti dalla Banca Dati Prevenzionale hanno anche permesso di delineare con un certo dettaglio la distribuzione territoriale dei casi di mesotelioma pleurico denunciati all'INAIL.
Considerando solamente i casi con esito positivo, in cui è stata effettivamente riconosciuta la patologia e la sua origine professionale, si verifica che molte province hanno numero nullo (non rappresentate nei dati esposti) o molto basso di mesoteliomi pleurici, mentre un ristretto numero di province presenta un elevato numero di casi di questa patologia, come desumibile dai dati riportati nella seconda colonna della Tabella 4.

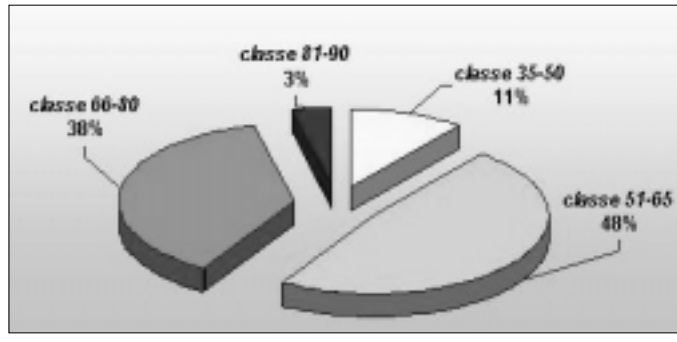


Figura 5: Casi di mesotelioma pleurico riconosciuti tra il 1988 e il 1999 ripartiti per classi di età.

Tabella 4

Distribuzione dei casi di mesotelioma pleurico riconosciuti dall'INAIL, per provincia (periodo 1994-1999).

Provincia	Casi riconosciuti	R	Provincia	Casi riconosciuti	R
Alessandria	22	8,49	Bologna	26	4,75
Asti	1	0,79	Forlì	5	2,36
Cuneo	4	1,20	Modena	1	0,27
Torino	56	4,21	Parma	3	1,27
Vercelli	1	0,92	Piacenza	2	1,25
Biella	1	0,88	Ravenna	8	3,81
Bergamo	37	6,45	Reggio Emilia	25	9,40
Brescia	8	1,23	Arezzo	5	2,60
Como	2	0,62	Massa Carrara	6	5,00
Lecco	2	1,08	Firenze	3	0,53
Cremona	9	4,50	Grosseto	1	0,77
Mantova	5	2,24	Livorno	29	14,44
Milano	30	1,33	Lucca	3	1,33
Pavia	1	0,34	Pisa	2	1,30
Sondrio	1	0,94	Pistoia	6	3,73
Varese	2	0,41	Siena	3	1,98
Bolzano	8	2,90	Terni	3	2,24
Trento	2	0,71	Ancona	8	3,01
Padova	19	3,75	Frosinone	1	0,34
Rovigo	3	2,05	Roma	7	0,31
Treviso	6	1,29	Teramo	1	0,58
Venezia	8	1,64	Caserta	2	0,39
Verona	11	2,25	Napoli	9	0,48
Vicenza	2	0,43	Salerno	2	0,31
Gorizia	52	63,22	Bari	2	0,21
Trieste	40	26,77	Lecce	1	0,20
Udine	6	1,93	Taranto	17	4,81
Pordenone	1	0,60	Caltanissetta	1	0,59
Genova	127	23,18	Palermo	6	0,81
La Spezia	50	37,48	Cagliari	1	0,22
Savona	5	2,97	**TOTALE**	**712 CASI**	

R = numero medio di casi per anno nel periodo 1994-'99 per 1.000.000 di residenti (n. residenti al 1998).

Nella Figura 6 è rappresentato il numero dei casi riscontrato per le province più significative (che presentano cioè 6 o più casi). La provincia di Genova è di gran lunga quella con il maggior numero dei casi, pari a 127 nei 6 anni considerati.

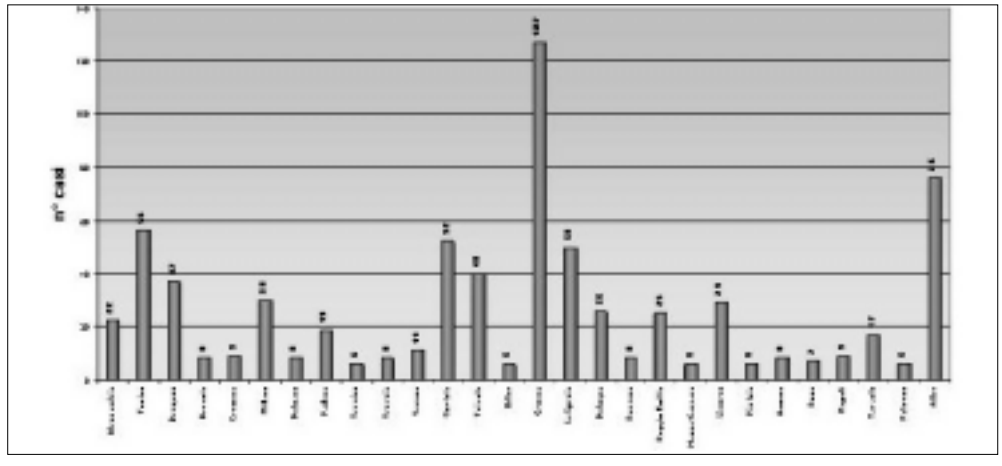


Figura 6: Distribuzione dei casi di mesotelioma pleurico riconosciuti, per provincia (province con 6 o più casi) - periodo 1994-1999.

Per lo stesso periodo, le province di Torino, Gorizia, Trieste e La Spezia hanno un numero di casi compreso tra 40 e 60, le province di Alessandria, Bergamo, Milano, Bologna, Reggio Emilia e Livorno presentano un numero di casi compreso tra 20 e 40, le province di Brescia, Cremona, Bolzano, Padova, Treviso, Verona, Udine, Ravenna, Massa Carrara, Pistoia, Ancona, Roma, Napoli, Taranto e Palermo hanno un numero di casi compreso tra 6 e 20, le restanti province presentano meno di 6 casi.
Il dato medio per anno dei casi di mesotelioma pleurico nel periodo 1994-'99 è stato quindi riferito alla popolazione della medesima provincia, calcolando il rapporto R come numero di casi per milione di residenti nell'anno 1998 (ISTAT, 1988-1998). I valori ottenuti sono stati riportati nella terza colonna della Tabella 4 e, limitatamente alle province con numero di casi assoluto pari a 6 o più, nel grafico rappresentato nella Figura 7.

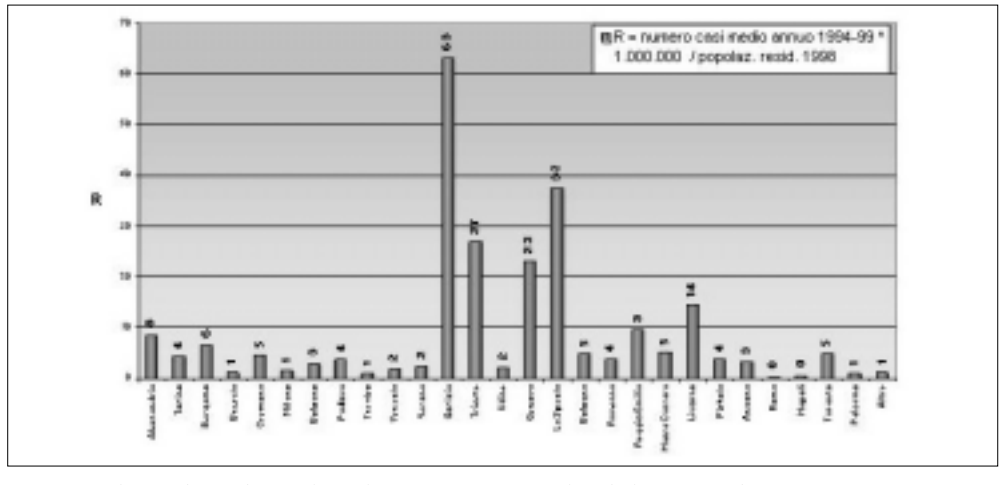


Figura 7: Distribuzione dei casi di mesotelioma pleurico per provincia per milioni di abitanti - periodo 1994 - 1999.

Da questa elaborazione risulta che la provincia di Gorizia è quella con il rapporto casi/residenti maggiore, seguita da La Spezia, Trieste e Genova e, con valori più bassi, da Livorno, Reggio Emilia e Alessandria. Le restanti province presentano un rapporto piuttosto omogeneo. Assumendo che a un maggiore numero di residenti corrisponda un maggiore numero di lavoratori e viceversa, i dati presentati indicano che nelle province di Gorizia, La Spezia, Trieste e Genova una maggiore percentuale di lavoratori è stata esposta all'amianto e quindi al rischio di mesotelioma pleurico.
Per quanto riguarda le lavorazioni che hanno portato all'insorgenza della malattia, pur ribadendo che i dati forniti si riferiscono all'ultima lavorazione e non necessariamente a quella che ha comportato l'esposizione ad amianto, si ha che i casi riconosciuti di mesotelioma pleurico sono riconducibili essenzialmente a lavorazioni che rientrano nel Grande Gruppo 6 e nel Grande Gruppo 9 dell'Industria (Fig. 8 e Tab. 5) secondo quanto previsto nella "Tariffa dei premi per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali" (D.M. 18 giugno 1988). E' importante notare come i valori percentuali riportati nella Figura 8 si riferiscano ai soli casi per i quali sia stata identificata la voce di tariffa corrispondente e che, rispetto al totale dei 719 casi, rappresentano il 41%.

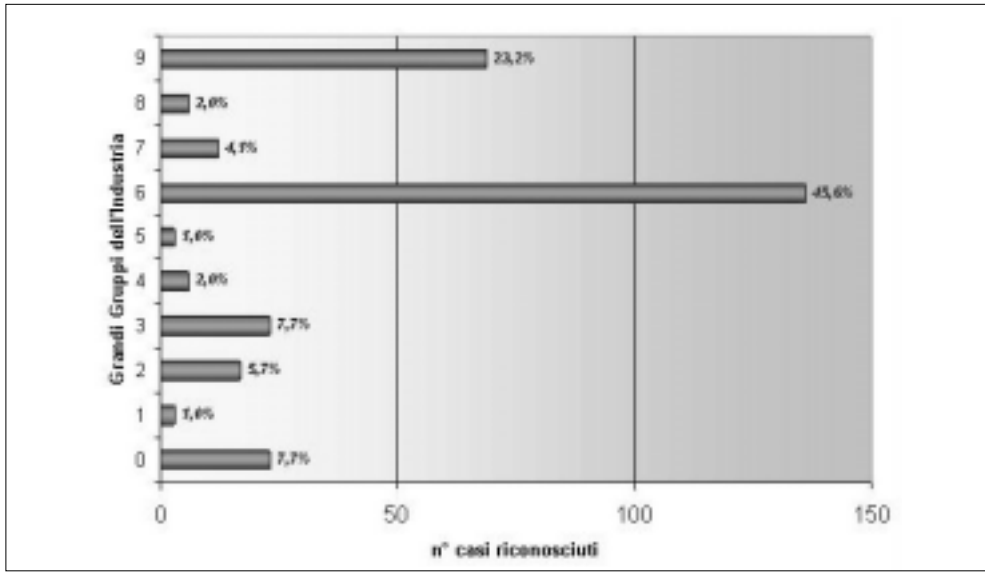


Figura 8: Distribuzione nei Grandi Gruppi dell'industria dei casi di mesotelioma pleurico riconosciuti tra il 1988 e il 1999.

Tabella 5

Tariffa dei premi per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali (D.M. 18 giugno 1988)

	Definizione dei Grandi Gruppi dell'Industria
0	Varie
1	Lavorazioni agricole. Allevamenti di animali. Pesca. Alimenti.
2	Chimica. Materie plastiche e gomma. Carta e poligrafia. Pelli e cuoi.
3	Costruzioni: edili, idrauliche, stradali, di linee di trasporto e di distribuzione, di condotte. Installazioni.
4	Elettricità. Gas e liquidi combustibili. Acqua. Freddo e calore. Energia nucleare.
5	Legno e affini.
6	Metallurgia. Lavori in metallo. Macchine. Mezzi di trasporto. Strumenti e apparecchi.
7	Mineraria. Mineralurgia e lavori complementari.
8	Tessile e abbigliamento.
9	Trasporti. Carico e scarico. Depositi.

Per meglio delineare i comparti produttivi nei quali si inseriscono i dati analizzati sono state scorporate le voci dei due Grandi Gruppi 6 e 9. In entrambi i gruppi appare evidente la predominanza di alcune voci rispetto al totale dei casi (Figura 9 e Tabella 6; Figura 10 e Tabella 7).

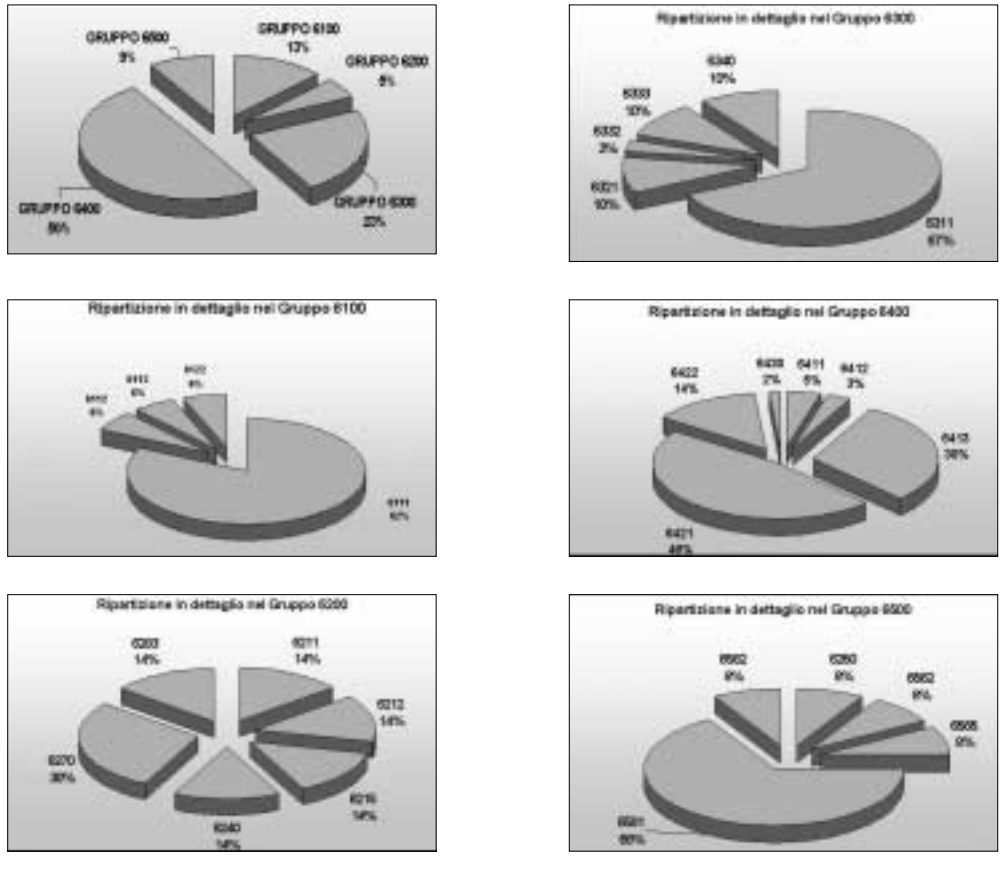
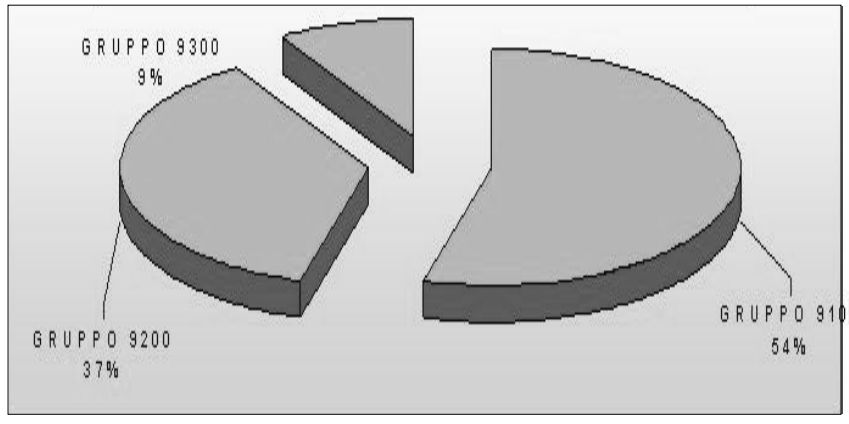


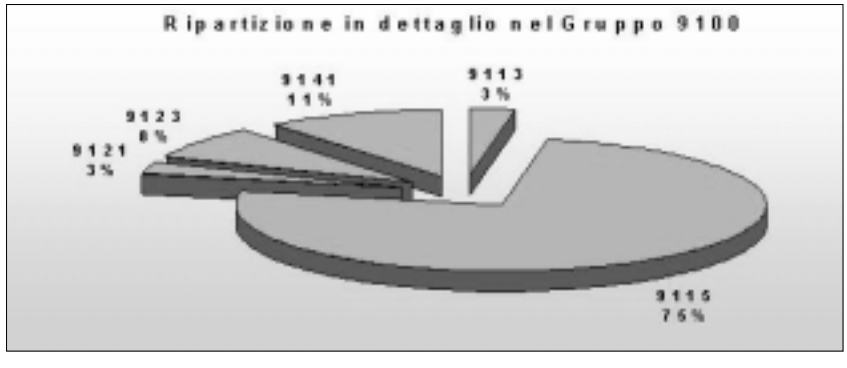
Figura 9: Ripartizione dei casi di mesotelioma pleurico nel Grande Gruppo 6 dell'Industria

Tabella 6

Grande Gruppo 6: Metallurgia. Lavori in metallo. Macchine. Mezzi di trasporto. Strumenti e apparecchi.

Voce	GRUPPO
	6100: Metallurgia.
6111	Produzione, affinazione, trasformazione del ferro, della ghisa e dell'acciaio; prima lavorazione del ferro e dell'acciaio per laminazione, fucinatura, estrusione e stampaggio. Rifusione, getto, finitura di ghisa ed acciaio.
6112	Trafilatura di filo, di barre e di tubi. Produzione e finitura di tubi saldati da nastro. Produzione e finitura di profilati leggeri da nastro.
6113	Rilaminazione a freddo di prodotti siderurgici.
6122	Rifusione, getto, finitura; pressofusione; estrusione; prima lavorazione ai laminatoi, magli, presse; produzione di polveri metalliche.
	6200: Prodotti ottenuti dalla lavorazione del metallo.
6211	Costruzione di carpenteria metallica e lavori in metallo con posa in opera.
6212	Costruzione della carpenteria metallica e lavori in metallo di cui alla voce 6211, senza posa in opera.
6215	Costruzione di arredamenti e di mobilio in metallo, di casseforti, armadi corazzati, serrature e lucchetti di sicurezza, di lampadari, di carrozzine e passeggini per bambini, di sedili e cabinette per impianti di risalita. Costruzione di serramenti in leghe leggere.
6240	Lavori di tornitura, trapanatura e fresatura.
6270	Produzione di minuterie metalliche e di oggetti diversi ricavati da nastro e da filo metallico.
6283	Smaltatura, metallizzazione; trattamenti termici e fisico-chimici in genere.
	6300: Macchine.
6311	Motori a combustibili liquidi, a gas, ad aria compressa; motori idraulici e a vento; motrici a vapore.
6321	Macchine operatrici.
6332	Artiglierie e armi pesanti.
6333	Torpedini, siluri, gimnoti, missili e simili.
6340	Officine meccaniche in genere. Officine per costruzione, montaggio, smontaggio e riparazione di macchine e parti di esse, con lavorazioni promiscue che non consentano una netta demarcazione o con produzioni in rapporti quantitativi variabili, così da rendere impossibile il riferimento alle altre voci del gruppo 6300.
	6400: Mezzi di trasporto.
6411	Costruzione, trasformazione e allestimento di autoveicoli, rimorchi e motoveicoli; costruzione di ciclomotori e biciclette.
6412	Riparazione dei veicoli di cui alla voce 6411; elettrauto; soccorso stradale.
6413	Costruzione, riparazione, manutenzione di materiale mobile per ferrovie e tranvie, comprese quelle decauville e quelle aeree.
6421	Lavori di costruzione e di allestimento, ovunque eseguiti, di navi, imbarcazioni, chiatte, pontoni, bacini e piattaforme galeggianti, ecc.; costruzione di carpenteria navale, di galleggianti ed accessori per l'ormeggio e la navigazione.
6422	Trasformazione, riparazione, manutenzione di navi, imbarcazioni, galleggianti e parti di esse, svolte sia a bordo che a terra; lavori di carenaggio.
6430	Mezzi di trasporto aereo: costruzioni aeronautiche.
	6500: Strumenti e apparecchi diversi.
6550	Strumenti ottici; apparecchi fotografici, cinematografici e altri apparecchi da proiezione.
6562	Strumenti di misura e di controllo; apparecchi misuratori, registratori, contatori.
6565	Apparecchi per illuminazione di qualsiasi materiale.
6581	Apparecchi termici: di produzione di vapore, di riscaldamento, di refrigerazione, di condizionamento.
6582	Apparecchi elettrici e termici per uso domestico.





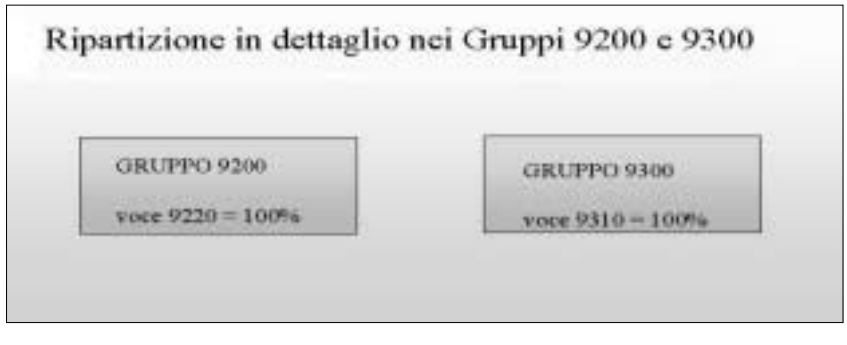


Figura 10: Ripartizione dei casi di mesotelioma pleurico nel Grande Gruppo 9 dell'Industria.

Tabella 7

Grande Gruppo 9: Trasporti. Carico e scarico. Depositi.

Voce	GRUPPO
	9100: Esercizio di trasporti.
9113	Esercizio di macchine e di apparecchi di sollevamento: ascensori d'uso privato, montacarichi, gru, argani e simili.
9115	Ferrovie di qualsiasi scartamento o sistema di trazione o mezzo di aderenza per trasporto di persone, di merci e di animali; servizi sui treni.
9121	Autotreni, autoarticolati e trattori con rimorchio per trasporto di merci, con le eventuali operazioni accessorie di carico e scarico. Esercizio di macchine e di apparecchi di sollevamento semoventi non su guida.
9123	Servizi pubblici di linea e fuori linea, urbani ed extraurbani per trasporto di persone, effettuati con autoveicoli, filoveicoli e rimorchi.
9141	Bacini di carenaggio.
	9200: Carico, scarico, facchinaggio di merci e materiali.
9220	Carico, scarico, facchinaggio nei porti e a bordo delle navi.
	9300: Depositi.
9310	Depositi e magazzini con attrezzature meccaniche o termiche.

4. Risultati

Le elaborazioni relative alla distribuzione dei mesoteliomi pleurici per provincia e alla loro associazione con Grandi Gruppi, Gruppi, Sottogruppi e Voci dell'Industria permettono di fare alcune considerazioni sulle lavorazioni che hanno determinato l'insorgenza di questa patologia.
Analizzando in dettaglio la distribuzione per Grandi Gruppi dei casi di mesotelioma pleurico nelle province che territorialmente rappresentano i poli di maggiore incidenza (Figura 11), appare molto chiaramente il legame tra le attività industriali che hanno comportato l'utilizzo di amianto e la presenza della patologia.

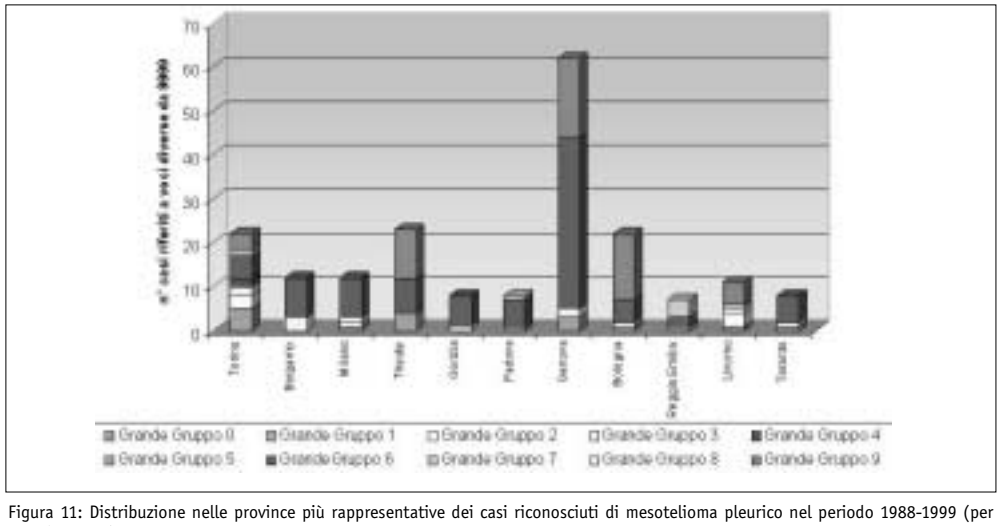


Figura 11: Distribuzione nelle province più rappresentative dei casi riconosciuti di mesotelioma pleurico nel periodo 1988-1999 (per Grandi Gruppi)

In particolare, considerando le voci di tariffa più rappresentative (Tabella 8) si evince la netta predominanza dei comparti della cantieristica navale (voci 6421 e 6422), della costruzione, esercizio e manutenzione di materiale ferroviario (voci 6413 e 9115), delle attività portuali di carico e scarico delle merci (voce 9220), della costruzione, riparazione e trasformazione di motori non elettrici (voce 6311) e, infine, della siderurgia (voce 6111).

Tabella 8

Incidenza dei casi considerati per Voci di Tariffa sui casi dei relativi Grandi Gruppi e sul totale dei casi

Voce	Descrizione sintetica	% sul Grande Gruppo relativo	% sul totale dei casi considerati
6421	cantieristica navale (costruzione)	23.0	10.5
6311	motori non elettrici (costruzione, riparazione, trasformazione)	15.4	7.0
6413	materiale mobile per ferrovie e tranvie (costruzione, riparazione, manutenzione)	15.0	6.8
6111	siderurgia - produzione e trasformazione ferro, ghisa, acciaio	10.7	4.9
6422	cantieristica navale (riparazione, manutenzione, trasformazione)	7.0	3.2
9115	ferrovie (esercizio, comprese riparazione e manutenzione di macchinari, rotabili, ecc.)	40.5	9.4
9220	carico, scarico, facchinaggio nei porti e a bordo delle navi	37.0	8.6

Tale ripartizione assume un significato ancora più netto se confrontata con la relativa distribuzione nelle province più importanti per il nostro studio (Figura 11 e Figura 12). E' chiara la distinzione tra province con prevalente attività di cantieristica navale (Gorizia, Trieste, Genova), da quelle con attività legate ai rotabili ferroviari (Trieste, Bologna, Livorno, Padova); il comparto siderurgico è presente a Taranto e Bergamo mentre più diffusa sul territorio appare l'attività legata alla costruzione, riparazione e trasformazione di motori non elettrici (Torino, Milano, Trieste, Genova, Reggio Emilia).

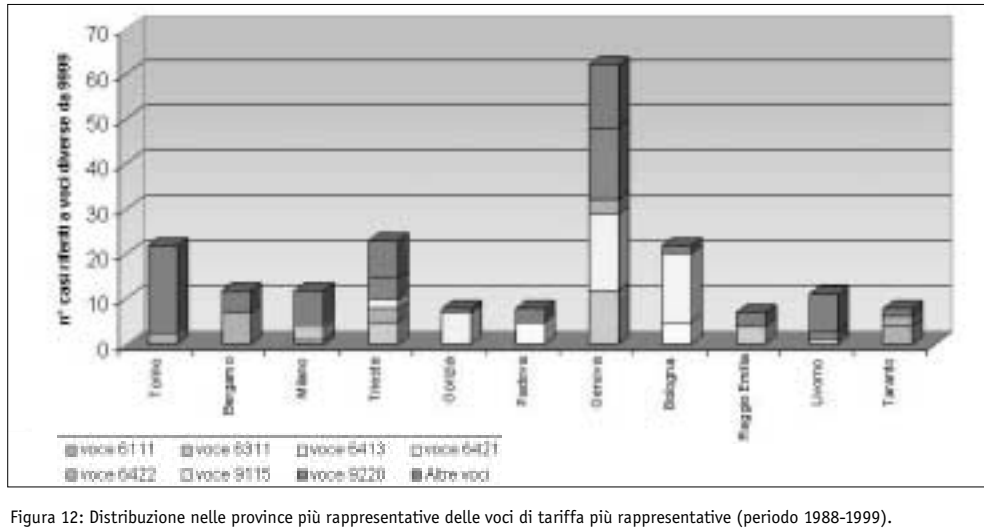


Figura 12: Distribuzione nelle province più rappresentative delle voci di tariffa più rappresentative (periodo 1988-1999).

Tale analisi, sebbene basata sui dati relativi all'ultimo impiego del lavoratore colpito dal mesotelioma pleurico e, pertanto, suscettibile di errore, pone già chiaramente in luce gli ambiti nei quali la patologia si è maggiormente manifestata.
Sarà l'obiettivo finale della ricerca che si sta realizzando quello di definire con un dettaglio sempre più ampio e più corretto il rapporto eziologico tra il mesotelioma della pleura e l'esposizione specifica del lavoratore.

5. Sviluppo futuro della ricerca

Come già accennato, è tuttora in corso la fase 2 della ricerca, consistente nell'acquisizione ed elaborazione della documentazione riguardante i singoli casi di mesotelioma pleurico, siano essi ad esito positivo o negativo.
Questa fase ha preso l'avvio una volta ottenuto l'elenco delle denunce di mesotelioma giunte all'INAIL. Sulla base dell'esame di un certo numero di pratiche svolto direttamente presso le sedi di pertinenza, è stato stilato un elenco del materiale necessario all'elaborazione della ricerca.
Con l'acquisizione dei primi casi è stato predisposto un data-base nel quale inserire schematicamente le informazioni e i dati necessari, rappresentato in Tabella 9.
Attualmente è in corso l'esame della documentazione inviata dalle Direzioni Regionali e l'inserimento dei dati di sintesi nel data-base.
Una volta completato l'inserimento dei dati, questi saranno analizzati e discussi, al fine di identificare con dettaglio le mansioni svolte dai lavoratori affetti da mesotelioma pleurico.

Tabella 9

Elenco delle voci contenute nel data-base dei mesoteliomi pleurici

numero di pratica
anno di denuncia
sede competente
definizione (positiva o negativa con motivazione)
anno di nascita dell'assicurato
sesso
denominazione della ditta nella quale si è avuta esposizione ad amianto
settore di attività e produzione della ditta
mansioni dell'assicurato che hanno causato esposizione ad amianto
anno di inizio e anno di fine esposizione ad amianto
anno di comparsa della patologia
agente con cui è venuto a contatto e sua forma
note (p.es. altre patologie, presenza di parere Contarp, ecc.)

6. Conclusioni

Il Rapporto annuale dell'INAIL (INAIL, 2000), nel passare in rassegna l'andamento statistico delle malattie professionali dell'industria, ha evidenziato in modo chiaro come il fenomeno vada quantitativamente riducendosi in ogni settore, con una sola eccezione, quella delle neoplasie asbesto-correlate. Se di quest'ultima realtà eravamo già edotti, è però interessante sapere che

si tratta dell'unico fenomeno in clamorosa controtendenza, rispetto ad un quadro per tutti gli altri versi volto al miglioramento.
Il lungo periodo di latenza che caratterizza il mesotelioma non ci permette di essere troppo ottimisti per il futuro, ma è pur vero che un così drammatico sviluppo rappresenta un forte elemento a favore della legge di dismissione dell'amianto entrata in vigore nove anni fa (Legge 257/92).
Lo studio presentato fornisce un quadro solo preliminare ed ancora alquanto generico di questo rilevante fenomeno che comunque, in attesa dei futuri approfondimenti, già individua la distribuzione dei casi per sesso (tutta spostata al maschile), per classi di età (con assoluta prevalenza degli ultracinquantenni), per localizzazione geografica, per macrosettori tecnologici.
Gli studi che verranno sono volti a classificare razionalmente le cause e le circostanze dei mesoteliomi ma anche ad approfondire la casistica delle definizioni negative (alcune delle quali francamente incongrue) e soprattutto ad estendere l'elaborazione al maggior numero dei casi, essendo oggi limitata solo al 41% di quelli che si sono manifestati non necessariamente associati ad asbestosi.

BIBLIOGRAFIA

Balletta A., Campanini N., Marmo C. & Todaro G.: "Il Mesotelioma. Guida per la trattazione medico-legale". INAIL Sovr. Med. Gen., lavoro non pubblicato.

Bianchi C.: "Mesotelioma maligno: alcuni punti chiave". Ann. Ist. Super. Sanità, vol. 30, n. 2, 1994, pp. 253-256.

Circolare INAIL n. 19 dell'8 giugno 1994: "D.P.R. n. 336 del 13 aprile 1994 "Nuove tabelle delle malattie professionali in industria e in agricoltura".

Di Paola M., Mastrantonio M., Carboni M., Belli S., Grignoli M., Comba P. & Nesti M.: "La mortalità per tumore maligno della pleura in Italia negli anni 1988-1992". Ist. Super. Sanità, Rapporti ISTISAN 96/40, 1996.

Di Paola M., Mastrantonio M., Carboni M., Belli S., De Santis M., Grignoli M,. Trinca S., Comba P. & Nesti M.: "Esposizione ad amianto e mortalità per tumore maligno della pleura in Italia (1988-1994)". Ist. Super. Sanità, Rapporti ISTISAN 00/9, 2000.

D.P.R. n. 336 del 13 aprile 1994: "Nuove tabelle delle malattie professionali in industria e in agricoltura". G.U. n. 131, 07/06/1994.

Gino S.: "Il Mesotelioma; valutazione clinica e medico legale in ambito INAIL". Minerva Medico Legale, vol. 118, n. 4, 1998, pp. 179-186.

INAIL: "Primo Rapporto Annuale 1999". INAIL, Roma, 2000.

ISTAT: "Popolazione e movimento anagrafico dei comuni". Annuari ISTAT, Roma, (1988-1998).

Legge n. 780 del 27 dicembre 1975: "Norme concernenti la silicosi e l'asbestosi nonché la rivalutazione degli assegni continuativi mensili agli invalidi liquidati in capitale". G.U. n.19, 22/01/1976.

Legge n. 257 del 27 marzo 1992: "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto". G.U. n.87, 13/04/1992.

Sentenza Corte Costituzionale n. 179 del 18 febbraio 1988: "Assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali - Indennizzabilità delle malattie professionali".

ANALISI DI FIBRE MINERALI TRAMITE MOCF. PROPOSTA DI PROCEDURE PER CONFRONTI INTERLABORATORIO INAIL E PRESENTAZIONE DI UN'ESPERIENZA PILOTA

S. Massera, E. Incocciati**
* INAIL - Direzione Regionale Lazio - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Le crescenti perplessità riguardanti gli effetti sulla salute dei materiali sostitutivi dell'amianto, con particolare riguardo alle fibre ceramiche, impongono all'attenzione delle ConTARP la necessità di indagini e studi riguardanti le situazioni a rischio in varie tipologie di attività lavorative. In tali indagini, tese alla valutazione dell'esposizione a materiali fibrosi negli ambienti di lavoro, la tecnica della MOCF può essere proficuamente utilizzata con contenuto dispendio di risorse umane ed economiche.
Gli autori illustrano gli errori che accompagnano la MOCF, e propongono un protocollo di verifica e formazione per i tecnici INAIL che intendono avvalersi di tale tecnica analitica. Viene sottolineata la necessità di adottare procedure di validazione anche in vista dei futuri iter di accreditamento con cui i laboratori saranno chiamati a confrontarsi secondo il dettato del DM 14-5-96.
Vengono illustrati i risultati di un primo confronto interlaboratorio da considerarsi propedeutico alla attuazione del protocollo proposto.

Premessa

Il diffuso utilizzo industriale di fibre minerali comporta una serie di problematiche igienico-sanitarie legate ai pericoli connessi alla possibile esposizione per inalazione.
La valutazione di tale fattore di rischio, unitamente alla protezione dei lavoratori esposti, si prefigurano quali campi di crescente interesse ed attività per le strutture tecniche Con.T.A.R.P. dell'INAIL anche alla luce dell'evoluzione normativa riguardante l'uso delle fibre minerali artificiali [1,2].
Sugli altri saranno prioritari i compiti di:

- verifica dei requisiti per l'accesso ai benefici previdenziali [3,4] per lavoratori esposti ad amianto;
- accertamenti riguardo ai livelli espositivi di operatori coinvolti in lavorazioni con potenziale esposizione a materiali fibrosi.

Per la prima di tali attività si rende necessario ricostruire i livelli espositivi di assicurati impiegati in lavorazioni che comportavano utilizzo di amianto associando, ove possibile, ad ogni specifica mansione un determinato livello di concentrazione di fibre aerodisperse. Inoltre, in alcuni di questi casi (bonifiche, manutenzioni ecc.) può essere necessaria un'indagine mirata alla determinazione dei livelli espositivi.
Relativamente alla potenziale esposizione agli altri materiali fibrosi, va detto che l'utilizzo crescente delle fibre ceramiche refrattarie e vetrose, in molte applicazioni e soprattutto quali materiali sostitutivi dell'amianto, desta giustificate preoccupazioni a causa del potenziale potere cancerogeno ad esse associato.

Introduzione

In relazione ai settori di intervento sopra delineati, tecniche di microscopia possono supportare gli interventi di valutazione necessari. La tecnica della Microscopia Ottica in Contrasto di Fase (MOCF nel seguito) con il metodo del filtro a membrana (MFM) è da tempo la più diffusa procedura di indagine di inquinanti particellari fibrosi come amianto, fibre di vetro, lane minerali ecc. Tale metodica rappresenta lo standard di misura dettato da numerose norme tecniche e leggi in materia [5,6,7]. Nel corso degli ultimi 10 anni, specie in seguito alla cessazione dell'uso dell'amianto [3] e per la diffusione di adeguate tecniche prevenzionali, i livelli di concentrazione di fibre di amianto aerodisperse negli ambienti di lavoro si sono andati progressivamente riducendo. D'altra parte, dati di letteratura [8] attestano che i livelli di inquinamento negli impianti di produzione di fibre minerali artificiali sono sostanzialmente inferiori a quelli che si riscontravano negli impianti industriali in cui si faceva uso di amianto.
A tale riduzione di livelli espositivi (con conseguente diminuzione quantitativa dell'analita su filtro), corrisponde un aumento nell'incidenza degli errori che inficiano tale tecnica analitica e che comportano un ampio intervallo fiduciario nell'espressione dei risultati.
Per contenere l'entità di tali errori si rende necessario adottare idonee procedure di campionamento e analisi. Tale esigenza trova, tra l'altro, riscontro nell'evoluzione della normativa nazionale in materia di omologazione ed accreditamento dei laboratori che effettuano l'attività in esame.
In particolare, il D.M. 14/05/1996 [9] all'allegato 5: "Requisiti minimi dei laboratori pubblici e privati che intendono effettuare attività analitiche sull'amianto", definisce i requisiti necessari per le attività di campionamento ed analisi qualitativa e quantitativa dell'amianto. I laboratori che intendano effettuare analisi di microscopia ottica per la determinazione dell'amianto aerodisperso devono essere dotati di microscopio ottico a contrasto di fase con le caratteristiche indicate nell'allegato 5 del D.Lgs. 277 del 15/8/91 e dei necessari apparati ausiliari per la preparazione dei campioni. Il personale addetto al laboratorio deve comprendere un laureato in discipline tecnico-scientifiche ed un collaboratore provvisto di diploma di scuola media superiore, entrambi con specifica e comprovata esperienza nelle tecniche di microscopia.
Tutti i laboratori, sia pubblici che privati, che rispondono a tali requisiti devono partecipare e soddisfare ad un apposito programma di controllo di qualità, predisposto congiuntamente dall'Istituto Superiore di Sanità, dall'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro, dal Centro Nazionale delle Ricerche - Istituto Trattamento Minerali - e dal Coordinamento Tecnico Interregionale. I programmi di controllo di qualità, previsti allo scopo di verificare l'idoneità dei laboratori che intendono effettuare attività analitiche sull'amianto, si articoleranno secondo fasi successive già delineate e sotto il coordinamento del Laboratorio Polveri e Fibre dell'ISPESL e del Laboratorio di Igiene Ambientale dell'ISS. L'organizzazione dettagliata dei programmi di controllo di qualità verrà definita attraverso la preparazione di specifici criteri applicativi nell'ambito di regolamenti emanati per mezzo di circolare del Ministero della Sanità.
La metodologia di base comune ad ogni schema di controllo qualità per questo tipo di indagini consiste in una serie di scambi di campioni di riferimento tra laboratori, seguita dal confronto delle misure effettuate. Tale comparazione è il problema principale non essendo noto il "valore vero" di concentrazione delle fibre su filtro ed essendo perciò necessario adottare, quale riferimento, un valore medio tra le misure effettuate tra più laboratori e ritenute, tra tutte, le più rappresentative.
Appare opportuno sottolineare che, in merito ai compiti del nostro Istituto, la non iscrizione al programma di verifica ed il non soddisfacimento dei requisiti richiesti potrebbero giocare un ruolo determinante in eventuali contenziosi e ricorsi in merito alla determinazione di livelli di esposizione a materiali fibrosi.

Da questa considerazione emerge la necessità di pianificare le azioni di verifica ed aggiornamento delle modalità operative adottate dai laboratori Con.T.A.R.P., in modo da garantire il rispetto dei requisiti per la classificazione dei laboratori stessi nella migliore classe di merito. A tal proposito va sottolineato che sia il laboratorio della Con.T.A.R.P. Centrale nel 1997 che quello della Con.T.A.R.P. Lazio nel 2000 sono stati inseriti dal Ministero della Sanità nell'elenco dei laboratori ammessi a sostenere il programma di controllo per la tecnica in esame.
Nel presente lavoro verrà illustrata una procedura di formazione proponibile ai tecnici INAIL coinvolti nell'utilizzo della tecnica della MOCF.

La tecnica della MOCF: caratteristiche ed errori

La tecnica della MOCF, proficuamente utilizzata in igiene industriale da almeno 20 anni nelle analisi di amianto e altri materiali particellari, è sinteticamente descritta nello schema di fig. I.

Viene prelevato un quantitativo noto di aria con captazione del particolato su membrana filtrante
La membrana viene posta su vetrino e trattata (diafanizzata) per essere resa trasparente e analizzabile con un microscopio in luce trasmessa
La membrana viene esaminata in MOCF a 500 ingrandimenti. E' effettuato il conteggio delle fibre che ricadono all'interno di un certo numero di frazioni del filtro di area nota (reticoli WB Walton Beckett)
Il dato di cui sopra permette di estrapolare il numero complessivo di fibre sul filtro esaminato
Il rapporto tra il numero delle fibre e il volume d'aria prelevato dà il risultato in fibre per unità di volume

Figura 1: Schema a blocchi indagine e analisi in MOCF.

Le cause dell'elevata diffusione di tale tecnica analitica sono da ricercare nella rapidità di esecuzione e nel basso costo delle analisi nonché nel minimo ingombro della strumentazione, fattore quest'ultimo che consente, laddove si renda necessario, di attrezzare rapidamente laboratori mobili in prossimità degli ambienti oggetto di indagine.
A fronte dei vantaggi sopra dettagliati, la tecnica della MOCF comporta, come anticipato nell'introduzione, una serie di errori che fanno spesso preferire la più costosa ed affidabile tecnica della microscopia elettronica a scansione (SEM).
Gli errori che possono inficiare l'accuratezza dei risultati di un'indagine condotta con determinazione strumentale in MOCF, siano essi di campionamento o analitici nelle relative componenti sistematica e casuale, possono essere contenuti solo applicando delle procedure standardizzate e dei protocolli riproducibili. Una sintesi di tali possibili errori è riportata in tabella I [10].

Tabella I

Campionamento e analisi in MOCF - fattori di errore

Fase di indagine	Errore	Note
Campionamento	Flusso di prelievo dell'aria	
	Tempo di campionamento	
	Campionamento non rappresentativo o errato	L'errore può essere contenuto con una adeguata analisi delle lavorazioni e delle condizioni al contorno del campionamento
	Contaminazione, deliberata o accidentale	Rilevabile spesso osservando le caratteristiche del particolato rinvenuto sul filtro
	Variabilità del flusso	
	Fluttuazione della nube di polvere	
Preparazione del vetrino	Dispersione delle fibre per effetto della scorretta applicazione dell'acetone e della triacetina	
	Perdita di particolato dal filtro dopo il campionamento	Fattore legato all'errata movimentazione della membrana
Analisi	Variabilità soggettiva dell'operatore	Errore legato all'affinità morfologica di diversi tipi di fibre ed alla capacità visiva dell'operatore
	Caratteristiche e messa a punto del microscopio	Errore legato a inappropriate procedure di regolazione e verifica periodica dello strumento
	Scelta di campi di lettura non rappresentativi	L'area esaminata in caso di lettura di 200 campi WB rappresenta circa la duecentesima parte dell'area utile di campionamento del filtro
	Distribuzione di Poisson	Errore legato al fatto che il numero totale di fibre su filtro è un valore estrapolato
	Determinazione dell'area filtrante	L'adozione di diversi tipi di supporto di campionamento determina differenze nell'area utile di filtrazione

Una stima della variabilità dei risultati di analisi in MOCF effettuate da diversi operatori all'interno dello stesso laboratorio (confronto intralaboratorio) è indicata, secondo il DM 6-9-1994, dal Coefficiente di Variazione CV, pari al rapporto tra la deviazione standard e la media aritmetica dei risultati di conteggio ottenuti. La relazione empirica che correla il CV con il numero delle fibre conteggiate N è: $CV = \sqrt{N + (0.2 \cdot N)^2} / N$. Esistono molti studi sull'affidabilità del risultato finale che deve tenere conto delle stime di errore di cui sopra; secondo le indicazioni più diffuse, e in accordo con quanto riportato nel citato decreto, l'intervallo tra il Limite Fiduciario Superiore (LFS) e il Limite Fiduciario Inferiore (LFI) può essere considerato come lo spettro dei

valori all'interno del quale si collocano, con una probabilità del 90%, i risultati di misure distinte effettuate dallo stesso laboratorio. Nel decreto stesso i due limiti sono espressi dalle relazioni $LFI = N - 1.3 \cdot CV \cdot N$ e $LFS = N + 2.3 \cdot CV \cdot N$.
Le due espressioni empiriche sono state ricavate da studi sperimentali condotti tra diversi laboratori operanti analisi in MOCF e, sempre secondo il DM 6-9-94, sono applicabili solamente per un carico sul filtro inferiore alle 20 fibre per mm^2 che, con i filtri e i supporti indicati dalla dir CEE 83/477 [11], corrisponde a circa 31 fibre su 200 campi di lettura. E' quindi possibile individuare i valori di LFI e LFS, attesi per risultati di conteggio inferiori a 31 fibre su 200 campi di lettura WB. E' stato osservato sperimentalmente che il coefficiente di variazione aumenta con la diminuzione del numero di fibre sul filtro.
In tabella II sono rispettivamente riportati:

- il numero di fibre lette per duecento reticoli di lettura WB;
- la corrispondente densità di fibre per mm^2 sul filtro;
- il CV atteso per esami intralaboratorio;
- il limite fiduciario inferiore;
- il limite fiduciario superiore.

Tabella II

Confronto intralaboratorio - espressione dell'accuratezza dei risultati

N x 200 WB	ff/mm^2	CV %	LFI	LFS
3	2	60	0,7	7,5
5	3	50	1,6	10,2
6	4	45	2,6	12,7
8	5	41	3,7	15,2
9	6	38	4,7	17,7
11	7	36	5,8	20,1
13	8	35	6,9	22,6
16	10	32	9,1	27,3
19	12	31	11,4	32,1
22	14	29	13,6	36,8

A questo punto è lecito chiedersi come ridurre gli errori e minimizzare una tale variabilità di risultati. In primo luogo, occorre specificare che tale inaccuratezza nei valori di conteggio è riscontrabile in massima parte sui campioni contenenti amianto di tipo crisotilo. Questa specie minerale, infatti, si presenta con caratteristiche morfologiche molto difficilmente distinguibili da altre fibre organiche naturali e sintetiche. Il discorso cambia per le fibre minerali artificiali e per gli amianti anfiboli di tipo amosite e crocidolite aventi caratteristiche morfologiche che rendono l'individuazione e la conta molto più agevoli. Ad esaminare i dati della tabella II appare chiaro che la semplice applicazione delle metodiche di riferimento rischia di essere insufficiente in assenza di un'adeguata formazione e di idonee procedure di verifica e controllo degli operatori addetti alle analisi in MOCF.

Altri tipi di errore, primi tra tutti quelli legati alle differenze nella strumentazione adottata, si introducono variando la natura del confronto da intra a interlaboratorio. I dati sperimentali raccolti per laboratori italiani indicano che il CV percentuale, per campioni con densità di fibre comprese tra 5 e 20 ff/mm^2, oscillano tra 30 e il 40: i valori assoluti sono assimilabili a quanto riportato in tabella II per i confronti intralaboratorio [12].
In considerazione della necessità di standardizzare il livello qualitativo dei laboratori MOCF e in conformità con le indicazioni del DM 14-5-1996, i laboratori di riferimento dell'ISPESL e dell'ISS hanno messo a punto uno specifico metodo di valutazione.
Le modalità di valutazione dei laboratori previste dal programma di controllo che sarà attivo a breve, sono state dettagliate in una recente pubblicazione [13].
I parametri di valutazione adottati risultano abbastanza permissivi in considerazione della variabilità insita nella metodica della MOCF. Il metodo di valutazione comprende la definizione di un "valore vero" di conteggio di fibre sul vetrino, dato dalla media aritmetica dei risultati di 12 laboratori partecipanti e dei due di controllo. Il laboratorio oggetto di verifica sarà classificato secondo i criteri di cui alle colonne 1 e 2 della tabella III; nelle colonne 3-6 sono riportati, a titolo di esempio, i risultati di lettura del numero di fibre che si collocano in corrispondenza dei diversi parametri di giudizio.

Tabella III

Criteri di valutazione dei laboratori MOCF secondo ISPESL e ISS.

Criterio	Giudizio	R=10 ff	R=15 ff	R=20 ff	R=25 ff
$V < (\sqrt{R}-2.34)^2$	Insufficiente	V<1	V<2	V<5	V<7
$(\sqrt{R}-2.34)^2 < V < (\sqrt{R}-1.57)^2$	Sufficiente	1<V<3	2<V<5	5<V<8	7<V<12
$(\sqrt{R}-1.57)^2 < V < (\sqrt{R}+1.96)^2$	Buono	3<V<26	5<V<34	8<V<41	12<V<48
$(\sqrt{R}+1.96)^2 < V < (\sqrt{R}+3.30)^2$	Sufficiente	26<V<42	34<V<51	41<V<60	48<V<69
$V > (\sqrt{R}+3.30)^2$	Insufficiente	V>42	V>51	V>60	V>69

V=risultato del laboratorio in esame, R=valore medio di riferimento

4. Proposta di procedura per le verifiche interlaboratorio ed intralaboratorio INAIL

Nel definire la procedura di formazione e di controllo della validità dei risultati di lettura in MOCF, oggetto del presente lavoro, si è ritenuto di adottare i seguenti fattori guida:

- necessità di disporre di campioni standard di riferimento per diversi tipi di materiali fibrosi;
- adozione di metodi e criteri di conteggio omogenei tra i diversi operatori;
- confronto dei risultati dei conteggi di fibre per le verifiche intra ed inter-laboratorio;
- definizione di criteri per l'individuazione di opportuni laboratori di riferimento;
- individuazione di valori di riferimento (miglior stima del "valore vero" di fibre conteggiate);
- necessità di formazione alla lettura dei vetrini e verifica delle più frequenti associazioni di fibre e particelle di varia natura che si riscontrano sulle membrane di campionamento.

Il metodo proposto, sinteticamente descritto in figura II, viene dettagliato nel seguito unitamente alla presentazione di un'esperienza pilota sulla sua applicazione.

Individuazione degli "analisti di riferimento" nella valutazione dei risultati
Preparazione di vetrini campione per materiali in massa e materiali aerodispersi
Esame dei vetrini campione da parte degli analisti di riferimento e determinazione del "valore vero"
Programma di formazione specifica degli operatori non esperti: fase teorica, fase pratica. Analisi di diversi tipi di vetrini
Lettura dei vetrini di riferimento e confronto con i "valori veri". Eventuale ulteriore formazione e letture congiunte

Figura 1: Schema a blocchi indagine e analisi in MOCF.

4.1 Preparazione dei vetrini campione

Il primo passo della metodica proposta consiste nella preparazione di due diversi tipi di vetrini:
a) da campioni in massa;
b) con membrane per il campionamento di fibre aerodisperse.
Nel primo caso la preparazione avviene tramite macinazione in mortaio d'agata, per un tempo opportunamente scelto, di campioni massivi e successiva deposizione su vetrino del materiale disperso in triacetina. Nel caso di fibre aerodisperse, si applicano le indicazioni della citata Dir CEE 83/477.
Di seguito si riporta la serie di campioni in massa che si ritiene di dover esaminare previa macinazione per un tempo medio di 30 secondi:
un vetrino derivante dalla frantumazione di un campione in massa di amianto serpentino di tipo crisotilo;

- un vetrino derivante dalla frantumazione di un campione in massa di amianto anfibolo di tipo amosite o crocidolite;
- un vetrino derivante dalla frantumazione di un campione in massa di fibre ceramiche;
- un vetrino derivante dalla frantumazione di un campione di fibre di lana di roccia o di vetro.

Relativamente ai campioni di fibre raccolte su membrana, è opportuno che gli stessi presentino le seguenti caratteristiche:

- densità di fibre compresa tra 5 e 100 ff/mm^2;
- uniforme distribuzione delle fibre;
- bassa incidenza dei campi da non conteggiare per eccessiva presenza di particolato.

I campioni ritenuti necessari sono i seguenti:

- un vetrino con amianto serpentino crisotilo in basse concentrazioni (carico su filtro inferiore a 10 fibre / mm^2);

- un vetrino con amianto serpentino crisotilo in alta concentrazione (carico su filtro superiore a 10 fibre / mm^2);
- un vetrino con amianto anfibolo amosite o crocidolite in basse concentrazioni (carico su filtro inferiore a 10 fibre / mm^2);
- un vetrino con amianto anfibolo amosite o crocidolite in alte concentrazioni (carico su filtro superiore a 10 fibre / mm^2);
- un vetrino con fibre minerali artificiali con presenza di fibre regolamentate (diametro ∅<3µm, lunghezza L∅5µm, rapporto L/∅>3).

Si sottolinea che non si è ritenuto necessario distinguere i campioni di amosite e crocidolite in considerazione dell'affinità morfologica che le due specie minerali presentano nelle analisi in MOCF.

4.2 Individuazione degli "analisti di riferimento" e del "valore vero"

La procedura proposta scaturisce dalla collaborazione tra gli autori e numerosi analisti, di comprovata esperienza, operanti in strutture pubbliche e private del settore.
Si ritiene che debbano essere individuati esperti che, nell'ambito della propria esperienza professionale, si siano trovati a esaminare membrane rappresentative di diverse situazioni lavorative cui corrispondono diverse tipologie di particolato depositato. In accordo con il DM 14-5-1996, saranno considerati i "referenti laureati" di strutture operanti, a vario titolo, nel settore analitico specifico.
Nella metodica proposta, il "valore vero" di ogni membrana oggetto di confronto corrisponde alla media aritmetica dei risultati ottenuti dagli analisti di riferimento.

4.3 Esame dei vetrini campione da parte degli analisti di riferimento

In considerazione delle prossime verifiche interlaboratorio che ISPESL e ISS metteranno in atto secondo il DM 14-5-96, il protocollo di lettura da adottare è quello che tali organi hanno indicato quale riferimento per i futuri controlli [13]. Tale protocollo prevede:

- ingrandimento 500 X;
- analisi di 100 campi di lettura con reticolo WB (diametro apparente 100 µm). L'analisi può comunque essere interrotta al ventesimo campo di lettura se sono state conteggiate 100 fibre;
- scelta casuale dei campi con percorso equamente distribuito;
- conteggio numerico delle fibre basato sulla definizione originale di fibra data dalla Asbestosis Research Council: *"oggetto di lunghezza superiore a 5 µm, diametro inferiore a 3 µm, rapporto lunghezza/diametro superiore a 3:1"*;
- risultati espressi nella forma di fibre per mm^2 (ff/mm^2);
- fasci di fibre non conteggiati se la grandezza del fascio è superiore a 3 mm;
- esclusione dal conteggio di fibre a contatto con particelle di grandezza superiore a 3 µm.

In aggiunta alle indicazioni del riferimento di cui sopra, viene chiesto agli operatori di discriminare il numero di fibre ritenute sicuramente di amianto da quelle ritenute diverse e/o artificiali. Il modulo di conteggio proposto dagli autori è riportato in figura III.

INAIL - Direzione Regionale Lazio

CONTARP - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi & Prevenzione

MODULO DI CONTEGGIO PER ANALISI DI FIBRE IN MOCF - MOD. LAB. 3

Data _____ */ n° Camp.* _____ */ Provenienza* _____

Analisi in Microscopia Ottica in Contrasto di Fase con reticolo Walton Beckett a 500 ingrandimenti.

Fibre regolamentate esaminate ☐ Amianto ☐ MMMF ☐ Altre

Campi	Ass.	MMMF	Altre	Campi	Ass.	MMMF	Altre	Campi	Ass.	MMMF	Altre	Campi	Ass.	MMMF	Altre
Tot. Campi	Tot. Ass.	Tot. MMMF	Tot. Altre	Tot. Campi	Tot. Ass.	Tot. MMMF	Tot. Altre	Tot. Campi	Tot. Ass.	Tot. MMMF	Tot. Altre	Tot. Campi	Tot. Ass.	Tot. MMMF	Tot. Altre

Risultato finale (fibre regolamentate)			
N° Campi lettura	Fibre amianto	MMMF	Altre fibre

NOTE: (Indicare particolarità sulla membrana. Eventuale preponderanza di polvere, tipi di fibre e impressioni generali sul vetrino)

Firma analista _____

4.4 Programma di formazione specifica degli operatori non esperti

Il programma proposto prevede le seguenti azioni:

fase preliminare
- illustrazione dei principi ottici e dei fondamenti della tecnica di indagine su particelle con la MOCF;
- illustrazione dei principali componenti del microscopio ottico e delle relative funzionalità;
- spiegazione del significato delle operazioni di taratura e messa a punto del microscopio;
- presentazione di immagini, disegni ed esempi grafici raffiguranti i principali tipi di fibre e le tecniche di lettura con reticolo WB.

fase di lettura
- guida al riconoscimento delle principali tipologie di fibre con vetrini da campioni in massa;
- guida al riconoscimento delle principali tipologie di fibre aerodisperse depositate su filtro a membrana;
- effettuazione di prove di riconoscimento e di prove di conteggio previo addestramento alla determinazione delle coordinate di un punto sul filtro;
- analisi di vetrini dei quali è stato preventivamente individuato il "valore vero" di fibre depositate tramite lettura da parte di operatori esperti.

fase di verifica e di approfondimento
- confronto dei risultati e valutazioni in merito al discostamento dal "valore vero";
- discussione sulle diverse possibilità di lettura dettate dalla soggettività dell'operatore;
- eventuali approfondimenti di teoria (parte iniziale del programma).

Ad una prima fase di formazione è opportuno far seguire un periodo di affiancamento ad un analista esperto, per letture congiunte di vetrini rappresentativi delle diverse situazioni riscontrabili nella pratica dell'igienista industriale.
Il programma proposto si conclude con la verifica di requisiti di affidabilità dei laboratori e degli operatori CONTARP in vista dei prossimi controlli incrociati per l'attuazione del DM 14-5-96. Per allineare il giudizio alle future modalità di verifica, i risultati saranno valutati secondo i valori specificati in tabella III. I valori numerici di conta saranno considerati accettabili solamente se ricadono nella classe di merito migliore per la quale vale la relazione $(\sqrt{R}-1.57)^2 < V < (\sqrt{R}+1.96)^2$. L'esigenza di fare riferimento solamente alla miglior classe di merito è dettata da motivi cautelativi, in ragione delle differenze tra la procedura adottata dall'ISPESL e quella da noi proposta per i laboratori INAIL per ciò che riguarda le modalità di determinazione del "valore vero".

5. Descrizione di un'esperienza pilota

A completamento del presente lavoro è stata effettuata un'esperienza pilota per la verifica di fattibilità delle procedure proposte.
I vetrini campione derivano da indagini sul campo effettuate dagli autori.
I campioni in massa utilizzati sono i seguenti:

- **campione m1): amosite** derivante da coibentazione a spruzzo di edificio civile con contenuto in amianto superiore al 90%;
- **campione m2): crisotilo** derivante da corda coibente in amianto puro rinvenuta in un impianto termico industriale;

- **campione m3): fibre ceramiche** derivante da coibentazione di forno di cottura per ceramiche;
- **campione m4): lana di roccia** derivante da isolante interno ad una condotta di aerazione di edificio civile;
- **campione m5): lana di vetro** derivante da coibente applicato a spruzzo in edificio industriale.

I vetrini derivanti da indagini ambientali utilizzati sono i seguenti:
- **campione a1): amosite alta concentrazione** derivante dall'interno di un cantiere di bonifica (contemporanea presenza di altro materiale particellare);
- **campione a2): amosite bassa concentrazione** derivante da zona di controllo durante lo svolgimento di una bonifica (contemporanea presenza di altro materiale particellare);
- **campione a3): crisotilo alta concentrazione** derivante da campionamento effettuato durante la manipolazione di una corda coibente;
- **campione a4): crisotilo bassa concentrazione** derivante da campionamento effettuato durante la manipolazione di una corda coibente;
- **campione a5): fibre ceramiche** derivante da campionamento effettuato durante la manipolazione della coibentazione di un forno industriale.

Per la definizione del valore di riferimento sono stati coinvolti analisti individuati secondo i criteri descritti nel par. 4.2 operanti nei quattro laboratori di seguito indicati con le lettere da A a D:
- Laboratorio di Igiene Industriale CONTARP Lazio INAIL - Direzione Regionale Lazio;
- Laboratorio di Igiene industriale del Centro Diagnostico di Roma (ex laboratorio FFSS);
- Laboratorio di Igiene Industriale dell'area operativa del servizio PISLL (Prevenzione e Igiene sui Luoghi di Lavoro) della ASL RMC;
- Laboratorio privato: studio Altieri-Roma.

Come da protocollo, i campioni derivanti dalla captazione di fibre aerodisperse sono stati esaminati dai quattro operatori distintamente. Si specifica che i quattro laboratori in questione sono dotati di altrettanti microscopi differenti ma tutti rispondenti alle specifiche dettate dal D.L.vo 277/91. Sono state suggerite procedure di taratura e messa a punto degli strumenti prima di iniziare le letture.
I risultati del confronto tra i laboratori adottati come riferimento sono rappresentati nel grafico della figura IV. In ordinata compaiono valori di conta normalizzati al valore medio (media aritmetica) assunto quale "valore vero".

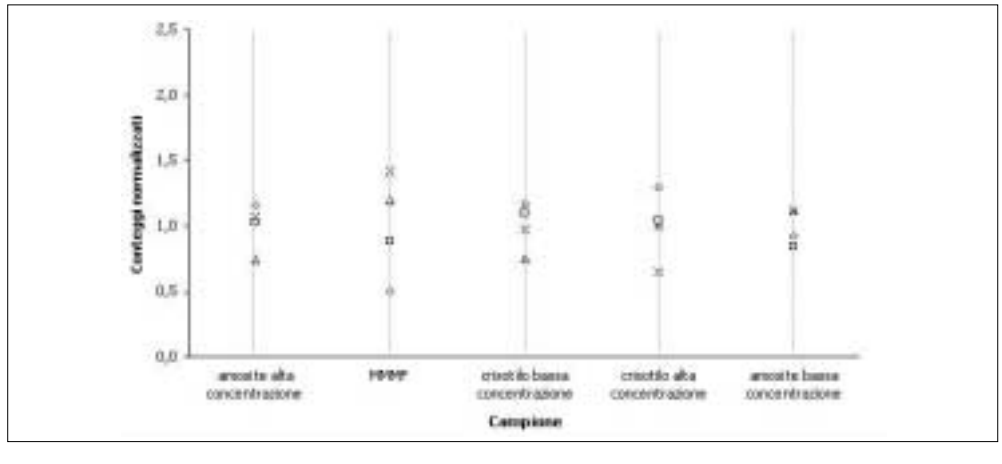


Figura IV: Analisi dei vetrini campione. Risultati del confronto interlaboratorio.
◇ A; □ B; Δ C; **X** A.

Il confronto interlaboratorio evidenzia che l'adozione di procedure di valutazione comuni riesce a contenere notevolmente la variabilità dei risultati. Da un'analisi più dettagliata dei dati possono emergere inoltre le seguenti osservazioni:

• il campione con alta densità di fibre di crisotilo ha mostrato una maggiore dispersione nei risultati: la maggiore incidenza di agglomerati di fibre e di particelle rende meno univoco il criterio di conteggio;
• le fibre minerali artificiali presentano un'elevata incidenza di errore verosimilmente legata alla difficoltà di valutare i diametri delle fibre da conteggiare.

Assunti i valori medi quale riferimento, il passo successivo del programma consisterà nella applicazione del protocollo di formazione suggerito. Il programma prevederà letture di prova tese a verificare se i risultati dei confronti intralaboratorio ricadano o meno all'interno dei parametri di giudizio sopra specificati.

6. Conclusioni

L'esperienza pilota effettuata ha dimostrato che la procedura proposta può essere proficuamente adottata in ragione della contenuta dispersione dei risultati ottenuti. Sono stati inoltre individuati, per le tipologie di fibre esaminate, i fattori che, con maggiore rilevanza, incidono nell'accuratezza dei risultati ottenuti.
Ad avviso degli autori è auspicabile che procedure di formazione e verifica di questo genere vengano adottate per i tecnici ConTARP in modo da rispondere alla duplice esigenza di:
• disporre di un gruppo di professionisti in grado di dare risposte esaurienti alla domanda di valutazione e caratterizzazione dei rischi emergenti;
• rispondere e conformarsi ai requisiti del DM 14-5-96 in modo da ottenere l'accreditamento per l'utilizzo della tecnica analitica trattata.

BIBLIOGRAFIA

[1] **DM 1-9-1998**: Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose in recepimento della Dir. 97/69/CE. Gazz. Uff. n° 271 del 19/11/1998.

[2] **Ministero della Sanità**: Circolare 15-4-2000 n° 4. Gazz. Uff. n° 88 del 14/4/2000.

[3] **L 257/92:** Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto. Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 87 del 13/04/1992.

[4] **L 271/93:** Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 5 giugno 1993, n. 169, recante disposizioni urgenti per i lavoratori del settore dell'amianto. Gazz. Uff. n° 181 del 04/08/1993.

[5] **AIA, Health and Safety pubblications**: "References Method for the Deermination of Airborne Asbestos Fibre Concentration at Workplaces by Light Microscopy (Membrane Filter Method). RTM n° 1 (Recommended Technical Method). London 1982.

[6] **D.L.vo L 277/91**: Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 legge 30 luglio 1990, n. 212. Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 200 del 27/08/1991.

[7] **DM 6-9-1994**: Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto. Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 288 del 10/12/1994.

[8] **Marconi A.:** "Esposizione a fibre minerali artificiali negli ambienti di lavoro" G. degli Igien. Ind. 1990, **15**, 2. pp. 71-84.

[9] **DM 14-5-1996**: "Requisiti minimi dei laboratori pubblici e privati che intendono effettuare attività analitiche sull'amianto". Allegato V. Gazz. Uff. n° 251 del 25/10/1996.

[10] **Marconi A., Sperduto B., Ciccarelli C.:** "Campionamento e analisi delle fibre aerodisperse negli edifici contenenti amianto". In "Rischio amianto in ambienti di vita e di lavoro" Regione Lazio, 1984.

[11] **Dir CEE 83/477** Direttiva del Consiglio 19 settembre 1983 sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi all'esposizione all'amianto durante il lavoro (seconda direttiva particolare ai sensi dell'art. 8 della direttiva 80/1107/CEE). G.U.C.E. L 263 del 24/09/1983.

[12] **AAVV**: "Bonifica degli edifici contenenti amianto". Fogli di informazione dell'ISPESL n° 4/1991.

[13] **Camillucci L., Campopiano A., Casciardi S., Fanizza C.**: "Subjective Differences in the Laboratory Counting of Asbestos Fibers". Soucercebook on Asbestos Diseases, vol. 21/2000. Lexis Publishing USA.

V SESSIONE
“POSTER”

IL RISCHIO SILICOTIGENO NELLA SABBIATURA DEI TESSUTI

A. Carella , G. Papa**
* INAIL - Direzione Regionale Marche - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.

RIASSUNTO

La valutazione del rischio silicotigeno può coinvolgere anche particolari attività lavorative che a prima vista possono apparire estranee a tale rischio specifico. Una siffatta situazione è stata riscontrata nella Regione Marche, dove nell'ambito del settore tessile può essere prevista una particolare fase lavorativa che comporta l'utilizzazione di sabbia quarzifera (sabbiatura). Vista la peculiarità del processo produttivo e la significativa presenza di tale attività nella Regione, si è attuato un monitoraggio sul rischio specifico. I risultati ottenuti sono stati correlati a misure anemometriche riguardanti l'efficacia di captazione degli inquinanti aerodispersi. Si ritiene che queste ultime misure possano, per i casi in studio, essere correlate all'oscillazione del tasso medio di sovrappremio silicosi per quanto riguarda la voce "***misure d'igiene e prevenzione***".

Premessa

La silice, o anidride silicica o biossido di silicio (SiO_2), è una sostanza polimorfa largamente diffusa in natura in varie forme : macrocristalline (quarzo), micro- e criptocristalline (calcedonio, diaspro), colloidi (opale).
L'importanza dal punto di vista igienistico industriale del controllo della silice libera è dovuto al fatto che l'inalazione di questa sostanza può generare una classica malattia dell'apparato respiratorio, nota con il nome di silicosi. Di conseguenza, è stato proposto dall'ACGIH (1999) un valore di soglia per la silice libera pari ad un TLV-TWA di 0,1 mg/m^3 per il quarzo respirabile e di 0,05 mg/m^3 per la tridimite e cristobalite respirabili [1]. Dal punto di vista dell'instaurazione dell'obbligo assicurativo, l'INAIL ha adottato, a seguito dell'indicazione del Ministero del Lavoro, un valore di soglia pari a 0,05 mg/m^3 di quarzo respirabile (esattamente la metà dell'ACGIH) [2] [3]. E' bene ricordare però, che la comunità scientifica ha proposto un ulteriore abbassamento di tale valore di soglia a 0,04 mg/m^3 (WHO – World Health Organization). Recentemente (1997) lo IARC - *International Agency for Research on Cancer* - ha incluso la silice cristallina tra le sostanze cancerogene per l'uomo (gruppo 1) [4]. Alla luce di tutto ciò si è reso necessario, non solo dal punto di vista igienistico industriale ma anche dal punto di vista assicurativo, una rigorosa valutazione del rischio silicotigeno nelle varie attività lavorative e l'adozione di tutti i sistemi (di prevenzione e di protezione) atti alla sua riduzione.
Nel presente lavoro si descrivono alcuni aspetti relativi alla valutazione del rischio silicotigeno in un settore industriale la cui attività include il trattamento dei manufatti
tessili mediante operazioni di sabbiatura. Tale attività, benché non sia molto diffusa a livello nazionale, è particolarmente concentrata in una ristretta zona geografica delle Marche.
I risultati delle indagini analitiche, effettuate su di alcune aziende, sono stati correlati con misure anemometriche relative all'effettiva capacità di cattura della polvere dei vari sistemi di aspirazione da queste adottate. Si ritiene che queste ultime misure possano, per i casi di stu-

dio, essere correlate all'oscillazione del tasso medio di sovrappremio silicosi per quanto riguarda la voce *misure di igiene e prevenzione.*

Il ciclo lavorativo

In una ben definita zona geografica della Regione Marche (per la precisione nel territorio della Provincia di Pesaro - Urbino) sono presenti diverse aziende che si occupano di trattamento su articoli di abbigliamento in tessuto jeans (tale zona è anche nota come *valle dei jeans*). La lavorazione qui considerata riguarda la "sabbiatura" dei jeans. Questo trattamento consiste nel lanciare, con una pressione compresa tra i 4 e gli 8 bar, sabbia quarzifera con un tenore di SiO_2 di circa il 98% (foto 1), sopra a dei capi di abbigliamento, in modo da ottenere un effetto di invecchiamento, particolarmente richiesto dal mercato giovanile. Di conseguenza le particelle, dall'impatto con il tessuto, riducono la loro grandezza originale, ottenendo alla fine una discreta percentuale di particolato avente dimensioni micrometriche.

Foto 1: Operazione preliminare di caricamento di sabbia per il trattamento.

Il monitoraggio è stato effettuato sottoponendo all'indagine ambientale un numero di sei aziende. Da una prima osservazione è stato possibile evidenziare due diversi cicli produttivi :
1. Nel primo ciclo operativo, utilizzato da quattro aziende (indentificate con i numeri 1, 2, 4 e 6) la lavorazione risulta essere completamente manuale. Il trattamento di sabbiatura avviene sopra banchi di lavoro (di dimensioni circa 5 x 1,5 x 2m) muniti di sistema di aspirazione. Su ciascun banco si evidenzia la presenza di due operatori: un *sabbiatore* (foto 2), cioè colui che lancia la sabbia sul jeans per mezzo di bocchettoni manovrati manualmente; ed un *aiuto – sabbiatore* (foto 3),che svolge la mansione di sistemare i capi di jeans sul banco per il trattamento e quando questo processo è avvenuto deve riporre i capi trattati in appositi carrelli manovrati

manualmente e caricarne altri. Generalmente tutti gli operatori sono muniti di sistemi di protezione individuali per il rumore (cuffie) e per le polveri (mascherina).

Foto 2: Sabbiatore mentre "spara" la sabbia tramite un bocchettone manovrato manualmente.

Foto 3 – aiuto sabbiatore (in primo piano) durante la sistemazione dei capi sul banco di lavoro e sabbiatore (in secondo piano) mentre effettua il trattamento.

2. Nel secondo ciclo di lavorazione (aziende 3 e 5) il processo è semi - automatizzato. Il trattamento avviene sempre sopra un banco di lavoro munito di sistemi di aspirazione, ma tutto il sistema è posto all'interno di un grosso box insonorizzato con il fine di ridurre i rischi dovuti sia alla dispersione della polvere sia alla propagazione del rumore nel resto dello stabilimento. In questo caso i capi vengono caricati su un piano scorrevole posto all'esterno della cabina. Questo piano viene mosso da un nastro trasportatore che fa percorrere ai jeans un breve tragitto fino a raggiungere, all'interno della cabina, la posizione in cui subiranno il trattamento. A questo punto, il piano di scorrimento viene fermato con un meccanismo a leva, azionato dagli stessi operatori presenti all'interno della cabina, che provvederanno a lanciare la sabbia tramite bocchettoni da loro stessi manovrati. Di fronte agli operatori è posto uno schermo trasparente con lo scopo di evitare che le particelle di sabbia, dopo che hanno colpito i jeans, possano di rimbalzo colpire l'operatore stesso (che comunque è sempre munito di dispositivi di protezione per le vie respiratorie e per il rumore).

Indagine analitica

L'indagine analitica ha comportato sia una determinazione della silice libera intesa come frazione respirabile sia una determinazione della velocità di cattura delle particelle aereodisperse da parte dei sistemi di aspirazione. Per questo motivo sono stati eseguiti campionamenti nella zona respiratoria dei lavoratori con apparecchi portatili della SKC (Airchek 2000), operando con un flusso d'aria di 1900 ml/min. Il dispositivo di ingresso per le polveri respirabili era costituito da un ciclone "CASELLA" con relativo stabilizzatore di flusso. La raccolta del particolato è stata eseguita con una membrana filtrante in argento, mod. FM-25-0,8 della OSMONICS. La determinazione della polvere respirabile è stata compiuta mediante metodo gravimetrico a pesata differenziale con una bilancia SARTORIUS modello MC5 (sensibilità 10^{-6} gr). L'analisi del tenore di quarzo è stata eseguita dal laboratorio INAIL della Con.T.A.R.P. a Roma, mediante diffrattometria a raggi X utilizzando l'apparecchio automatico PHILIPS PW 1800, servito dal Personal Sistem/2 modello 50 dell'IBM (X-ray tube : Cu LFF 40 KV 40 mA).
Le misure della velocità di aspirazione delle cappe è stata eseguita mediante una sonda anemometrica a filo caldo modello BSV101 (NORME ISO 7726, soglia 0,01 m/sec) interfacciato con multiacquisitore BABUC A della ditta LSI.

Presentazione dei dati

I risultati dell'indagine ambientale sono riportati nella tabella 1. Nella tabella sono riportati per ogni azienda campionata il valore di silice libera cristallina (intesa come frazione respirabile) determinata per ogni singola mansione.

Tabella 1

Concentrazione di silice libera - frazione respirabile rilevata

Aziende	Mansione	Silice Libera Cristallina (mg/m^3)
1	Sabbiatore	0,05
	Sabbiatore	0,33
	Aiuto Sabbiatore	0,41
	Aiuto Sabbiatore	0,67
2	Sabbiatore	0,38
	Sabbiatore	0,40
	Aiuto Sabbiatore	1,19
	Aiuto Sabbiatore	0,59
3	Addetto sabbiatura	0,03
	Addetto sabbiatura	0,02
4	Sabbiatore	0,40
	Sabbiatore	1,80
	Aiuto Sabbiatore	0,30
	Aiuto Sabbiatore	2,70
5	Sabbiatore	0,09
6	Addetto sabbiatura	0,77
	Addetto sabbiatura	0,68

Considerando per ogni azienda il valore medio di silice libera determinato, è stato possibile calcolare l'Indice di Rischio (IR) caratteristico per ogni singola azienda (grafico 1).
Si ricorda che per Indice di Rischio si intende il rapporto tra la concentrazione dell'inquinante determinata sperimentalmente con il valore di TLV-TWA indicato dall'ACGIH (1999).

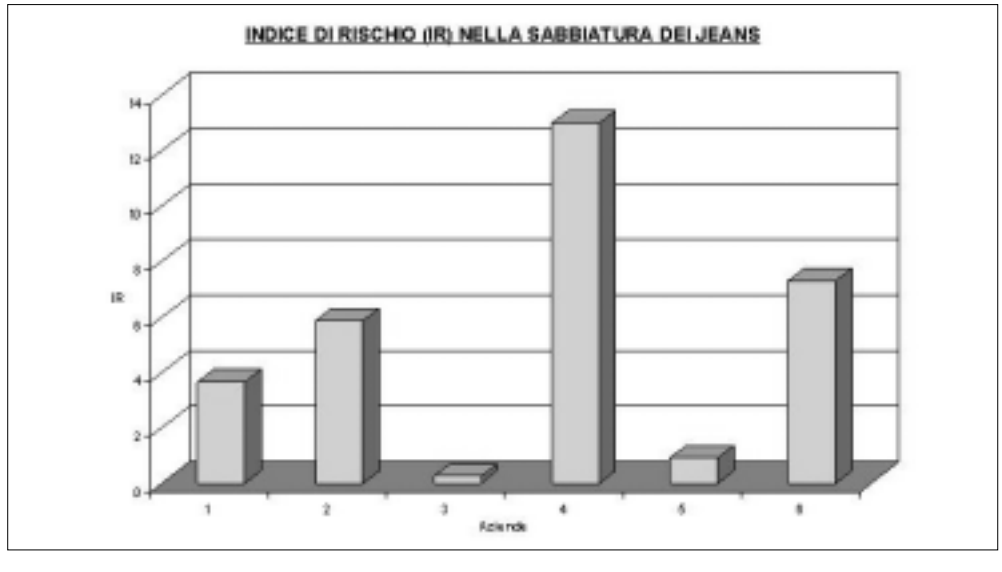


Grafico 1 – Indice di rischio (IR) medio, nelle varie aziende sottoposte ad indagine ambientale

E' interessante evidenziare una diversa entità del rischio silicotigeno in merito alla mansione svolta, ovvero se trattasi di *sabbiatore* o di *aiuto sabbiatore* (tabella 2).

Tabella 2

Confronto tra l'esposizione a valori medi di silice libera cristallina per le figure professionali del sabbiatore e dell'aiuto sabbiatore .

Tipologia di attività	Silice cristallina libera (mg/m^3)	IR
Sabbiatore	0,46	4,6
Aiuto Sabbiatore	1,19	11,9

Le misure dell'efficienza di captazione delle cappe aspiranti sono state effettuate mediante la determinazione della velocità di cattura. La velocità di cattura è definita come "la velocità dell'aria, misurata in qualsiasi punto di fronte alla cappa o alla bocca di aspirazione, necessaria per contrastare le correnti d'aria e catturare l'inquinante forzandolo ad entrare nella cappa"[5][6]. Le misure sono state eseguite con un anemometro a filo caldo posizionato nel punto in cui la sabbia colpisce il capo di abbigliamento. I valori ottenuti, che rappresentano la media di 10 misure, sono riportate nella tabella 3; si fa presente che tale dato non è disponibile per tutte le aziende campionate.

Tabella 3

Valori anemometrici (n.d. = non disponibile)

Aziende	1	2	3	4	5	6
Velocità di cattura (m/s)	0,86	0,70	1,77	0,61	n.d.	n.d.

Dai dati forniti dalla letteratura tecnica specializzata (*Industrial ventilation : a manual of recommended practice* – ACGIH 1998) emerge che per l'attività di sabbiatura è consigliata una velocità di cattura compresa tra i 2,5 – 10,0 m/s.

Tabella 4

Velocità di cattura per le diverse lavorazioni (Industrial ventilation : a manual of recommended practice – ACGIH 1998)

Condizioni di dispersione dell'inquinante (polveri, fumo, gas, vapori)	Esempi di lavorazione	Velocità di cattura m/s
Emesso praticamente senza velocità in aria quiete	- Evaporazioni di colle o vernici - Vasche di sgrassaggio	0,25 – 0,50
Emesso a bassa velocità in aria quasi quiete	- Saldatura - Galvanica - Riempimento di contenitori	0,50 – 1,00
Emesso a media velocità in zona d'aria perturbata	- Verniciatura a spruzzo - Nastri trasportatori	1,00 – 2,50
Emesso ad alta velocità in zona d'aria con forti correnti	- Molatura - Sabbiatura	2,50 – 10,00

Conclusioni

Da questo studio emerge come l'attività di sabbiatura dei jeans sia una attività particolarmente esposta al rischio silicotigeno (in particolare per l'*aiuto - sabbiatore*).

Per tale motivo è necessario attuare tutti i sistemi possibili per la sua riduzione, ovvero :

- *sostituire l'agente patogeno con un altro non patogeno o meno patogeno;*
- *attuare un efficace sistema di captazione delle polvere prodotte;*
- *utilizzare sistemi di protezione individuali.*

E' bene ricordare che tutti gli addetti alla sabbiatura sono sempre muniti di sistemi di protezione individuale per le vie respiratorie.
Per quanto riguarda la possibile sostituzione della sabbia con altri materiali, è stato tentato in alcuni casi la sostituzione della sabbia con graniglia metallica. Ma tale tentativo ha dato esiti negativi, in quanto ciò causava un deterioramento troppo spinto del tessuto lavorato. Onde evitare questo inconveniente si ritiene possibile l'utilizzazione di sabbia olivinica per il trattamento di sabbiatura. L'uso di tale sostanza che è priva di materiale quarzifero, dovrebbe garantire, da un lato lo stesso effetto di invecchiamento del tessuto e dall'altro ridurrebbe del tutto lo specifico rischio silicotigeno nel comparto produttivo.
In relazione a ciò rimane, come alternativa, l'adozione di sistemi di aspirazione idonei a catturare le particelle di sabbia disperse nell'ambiente di lavoro. Infatti, correlando l'Indice di Rischio ottenuto con l'efficienza di aspirazione delle varie cappe si nota un andamento, dal punto di vista qualitativo, di proporzionalità inversa. Ovvero, dove si è registrato una alta efficienza di aspirazione delle cappe si è ottenuto un basso valore di IR e viceversa.

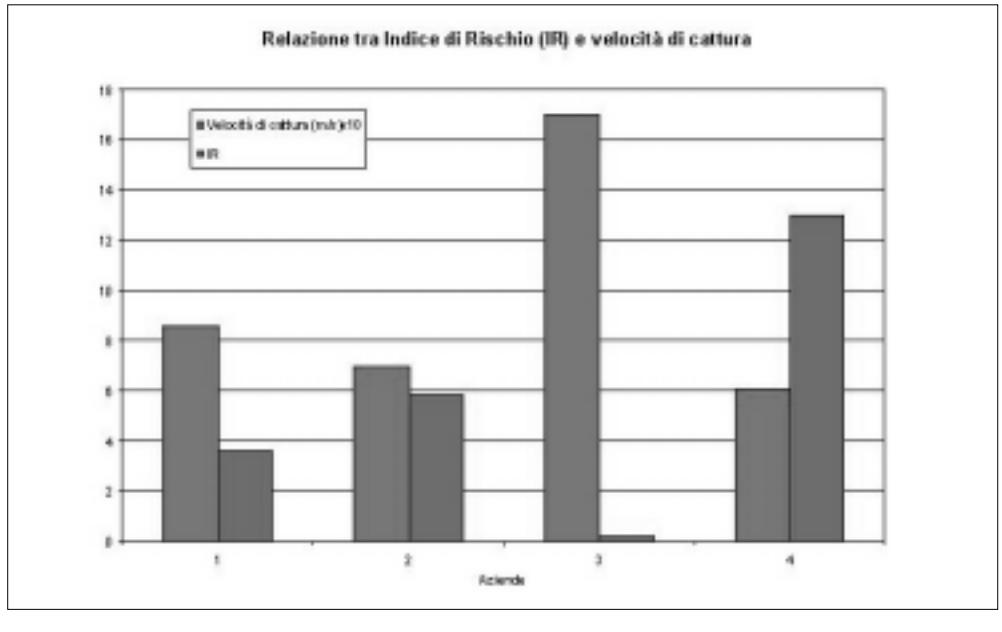


Grafico 2 – correlazione tra velocità di cattura e IR

Questo studio evidenzia anche un funzionamento non completamente soddisfacente di alcuni di questi sistemi di protezione collettiva adottati dalle singole aziende campionate, come si dimostra confrontando i valori ottenuti con i valori guida dell'ACGIH.
Le misure anemometriche di sistemi aspiranti sono, generalmente, di facile attuazione e costituiscono un parametro utile, se non essenziale, ai fini della valutazione della efficacia dei mezzi di prevenzione che il datore di lavoro deve necessariamente adottare per ridurre al minimo i rischi dovuti a sostanze pericolose aerodisperse [7]. Inoltre, queste misure risultano utili al fine di migliorare la valutazione dell'oscillazione del tasso medio per il sovrappremio silicosi. Si ricorda infatti che l'oscillazione del tasso medio, prevista nella misura massima del 35% (in aumento o in diminuzione), è costituito da due voci:

± 10% per l'entità del rischio;
± 25% per le misure di igiene e prevenzione.

In base alla tipologia del ciclo produttivo studiato, la principale misura che l'azienda dovrebbe adottare per ridurre al massimo la concentrazione di silice libera cristallina aerodispersa è costituita da un sistema di aspirazione efficace con valori rappresentativi della velocità di captazione dell'aria compresi tra 2.5 e 10 m/s.
Di conseguenza, è possibile definire un'oscillazione del tasso medio del sovrappremio silicosi in funzione soprattutto di tali dati anemometrici. Si ritiene possibile, con opportune considerazioni, applicare queste conclusioni anche ad altre lavorazioni sottoposte all'obbligo assicurativo per quanto riguarda il rischio silicotigeno.

BIBLIOGRAFIA

[1] **AIDII (Associazione Italiana degli igienisti Industriali):** Valori limiti di soglia ed indici biologici di esposizione ACGIH 1999.

[2] **VERDEL U.:** Aspetti assicurativi; Atti 17° Congresso Nazionale AIDII (92) 1998.

[3] **NIOSH:** Pocket Guide to Chemical Hazards – Silica, crystalline (as respirable dust); sito internet.

[4] **IARC (International Agency for Researche on Cancer):** Silica, Some Silicates, Coal Dust and Para-Aramid Fibrils, Monographs on the evaluation of Carcinogenic Risk to Human, 68 (1997).

[5] **THIEME B.:** I sistemi di aspirazione localizzata per la bonifica degli ambienti di lavoro; Assessorato alla Sanità della Regione Lombardia - Clinica del Lavoro "L. Devoto" dell'Università di Milano, Tipografia Mattioli sns - Luglio 1980.

[6] **ROTA R.:** Ventilazione Industriale; Guide Operative di Igiene Industriale, Iª Edizione –1998.

[7] **D.Lgs.** 19 settembre 1994, n. 626 e succ. mod.

SICUREZZA E SALUTE IN AGRICOLTURA: ATTIVITA' DI INFORMAZIONE E FORMAZIONE

E. Russo, A. Piccioni***
* INAIL - Direzione Centrale Prevenzione
** INAIL - Direzione Regionale Trentino - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Il poster riporta le varie fasi con cui si è realizzato il progetto di prevenzione "Sviluppo di informazione e formazione per la prevenzione e sicurezza nei luoghi di lavoro: Settore Agricoltura". Lo scopo del progetto era quello di fornire in modo organico, attraverso i diversi canali di comunicazione, informazione sulle fonti di pericolo, i rischi correlati e le relative misure di prevenzione e protezione nelle diverse attività agricole. L'obbiettivo era di effettuare una valida azione di sensibilizzazione per i lavoratori e gli addetti ai lavori. Il risultato è consistito nella :

- produzione di n. 3 video in materia di sicurezza in agricoltura in settori specifici (Il lavoro in serra, Le colture sul campo e Zootecnia);
- partecipazione in qualità di esperti INAIL (Chimico, ingegnere meccanico, medico) a trasmissioni radio-televisive per la presentazione delle tematiche specifiche ed la diffusione di messaggi informativi.

In particolare nel poster si evidenziano: le problematiche infortunistiche relative al settore specifico, i criteri di scelta di quelli che si ritenevano i messaggi più opportuni da diffondere, le linee di indirizzo che hanno guidato l'individuazione del linguaggio più congruo per favorirne la diffusione nei diversi canali di comunicazione.

Premessa

Nell'ambito delle attività avviate dall'Istituto in ottemperanza ai nuovi compiti in materia di prevenzione degli infortuni assegnatigli dalla più recente legislazione nazionale, l'INAIL ha ritenuto opportuno realizzare un programma "organico" di formazione- informazione per i lavoratori dell'agricoltura.
Ad oggi quello dell'agricoltura risulta ancora in Italia uno dei settori produttivi a maggior rischio di incidenti, come dimostrano le statistiche degli infortuni sul lavoro. L'INAIL indennizza ogni anno, in campo agricolo, circa 75.000 infortuni di cui 130-140 mortali ed in quasi 6.000 casi con esiti di inabilità permanente.
La struttura agricola italiana risulta molto diversificata, al fianco di un ampio panorama di aziende moderne di dimensioni medio-grandi, convivono una miriade di piccole aziende agricole alcune a conduzione tuttora familiare. Solo in alcune zone del paese queste "microrealtà" produttive risultano organizzate secondo principi di cooperazione. Molte volte si tratta addirittura di aziende senza dipendenti, che in quanto tali non sono formalmente tenute al rispetto di molte delle norme infortunistiche destinate alla tutela del personale subordinato, di conseguenza sfuggono al momento a qualsiasi forma di controllo.
Analoghe differenze ovviamente si accompagnano, per le diverse aziende, sul livello di attenzione con il quale vengono affrontati i problemi della sicurezza sul lavoro. Nelle realtà più grandi o meglio organizzate, disposizioni di legge e ragioni di buona gestione dell'azienda hanno

favorito da parte dei datori di lavoro l'adozione di valide iniziative rivolte alla prevenzione degli infortuni, prevedendo tra l'altro adeguate procedure di formazione-informazione degli addetti ed utilizzando allo scopo anche i servizi forniti dalle associazioni di categoria e dagli stessi sindacati dei lavoratori o ricorrendo a consulenze esterne.
Lo stesso purtroppo non avviene per aziende più piccole e meno organizzate, per le quali la sensibilizzazione degli operatori sui problemi di sicurezza risulta ancora un obbiettivo da raggiungere.
L'Istituto inizialmente si è posto quindi il problema di come intervenire, ed in particolare in che modo poteva inserirsi nel sistema con un ruolo utile ed efficace, sfruttando al meglio quello che è il suo patrimonio di professionalità e di esperienza.

Le esigenze che si sono rilevate preminenti sono risultate:

1. la necessità di disporre di strumenti didattici specifici, in particolare nel settore delle colture specializzate, per poter supportare i corsi di formazione rivolti agli operatori agricoli;
2. cercare di raggiungere e stimolare un'ampia platea di operatori non ancora adeguatamente sensibilizzati al problema della sicurezza sul lavoro

E' stato quindi sviluppato un piano integrato di differenti attività di informazione e formazione, ognuna adatta alla diversa tipologia di utente, diversificate tra loro per modalità di attuazione, canale di comunicazione, stile e linguaggio utilizzati.
Più in particolare:

1. sono stati realizzati 3 film tecnico-didattici sui rischi presenti in specifici ambienti di lavoro agricolo, destinati ad essere adoperati dai formatori nei processi di comunicazione e di diffusione delle informazioni sulla sicurezza sul lavoro nelle aziende agricole;
1. è stata programmata una campagna di sensibilizzazione alla prevenzione e sicurezza, utilizzando i canali di comunicazione di massa più diffusi e capillari quali la televisione e la radio.

I video tecnico-didattici

Sono stati realizzati tre video tecnico-didattici della durata di circa 20 minuti ciascuno, i settori individuati e la relativa analisi dei rischi hanno riguardato ambiti particolarmente trascurati sino ad oggi:
- il primo video **"Colture su campo"** tratta gli aspetti della sicurezza e della salute nell'ambito delle attività colturali effettuate sui campi,
- il secondo **"Zootecnia"** analizza gli aspetti della sicurezza per il settore specifico dell'allevamento dei bovini,
- il terzo **"Il lavoro in serra"** è un video per il settore specifico delle coltivazioni in serra.

A monte della realizzazione il Gruppo di Lavoro incaricato ha dovuto effettuare un'attività di studio di analisi, durata parecchi mesi, e la successiva elaborazione dei risultati ottenuti. Fra le diverse attività svolte ricordiamo:
1. Definire il target ed effettuare l'analisi dei bisogni
2. Scegliere le tematiche dei tre filmati
3. Elaborare il capitolato tecnico per la scelta della Casa di Produzione dei film
4. Effettuare dei sopralluoghi tecnici per la scelta dei "set televisivi" nei quali girare
5. Elaborare i testi, le sceneggiature fino alla produzione dei master dei filmati

In ogni video vengono individuate, nei diversi ambiti, le principali fonti di pericolo, evidenziati i rischi connessi, descritte le più opportune misure di prevenzione e protezione previste. Concepiti quali supporti didattici per corsi di formazione sulla sicurezza in agricoltura, sono destinati principalmente alla informazione e formazione dei lavoratori delle aziende agricole, ma, più in generale, possono rappresentare uno strumento utile per chiunque sia interessato alle tematiche specifiche.
Alla scopo di veicolare le informazioni in modo efficace e coinvolgente si è cercato di utilizzare un linguaggio semplice, evitando, quando possibile, l'uso di terminologie troppo "tecniche". I vari argomenti vengono presentati in modo sintetico, avvalendosi delle immagini per focalizzare l'attenzione dello spettatore, lasciando comunque ad un eventuale formatore il compito di approfondire e integrare i diversi aspetti.
In generale il video può essere proiettato senza nessuna informazione preliminare. Lo sviluppo degli argomenti difatti è tale da essere autosufficiente fornendo, in rapida successione, una sintetica ma incisiva carrellata delle diverse problematiche. Tuttavia l'utilità maggiore si raggiunge quando la proiezione è inserita nell'ambito di lezioni che trattano problematiche inerenti "la sicurezza" dello specifico settore. Infine, in considerazione della sua particolare struttura narrativa, il video può essere visto sia per intero che in modo frazionato per consentire, durante il suo utilizzo in aula, eventuali integrazioni, considerazioni e discussioni sugli argomenti trattati.
E' stata quindi prevista una distribuzione sul piano nazionale dei video, in forma gratuita, verso tutti gli operatori qualificati impegnati a vario titolo in attività formative per gli addetti al settore, in particolare: associazioni di categoria, sindacati, istituti scolastici agrari, centri di formazione professionali, ecc. E' stata programmata inoltre anche una campagna di divulgazione in occasione delle principali manifestazioni fieristiche del settore agricolo e della sicurezza sul lavoro, prevedendo una distribuzione diretta su semplice richiesta anche a singoli.

La campagna di sensibilizzazione radio-televisiva

E' stata sottoscritta una convenzione con la società radiotelevisiva pubblica (RAI spa) per garantire la presenza di un servizio sulla sicurezza in agricoltura curato dall'Inail in alcune trasmissioni radiotelevisive diffuse su rete nazionale. L'accordo ha previsto 14 presenze televisive con programmazione settimanale e 10 servizi "redazionali" da diffondere su una rete radiofonica anch'esse a cadenza settimanale. Gli interventi sono stati inseriti in programmi capaci di raggiungere uno specifico target, si tratta in particolare di: una trasmissione specifica sull'agricoltura destinata ad un pubblico di addetti ai lavori già in programmazione da molti anni ("Linea Verde Orizzonti" - RAI 1), di una trasmissioni di carattere divulgativo e di intrattenimento più generale che comunque si riteneva in grado di avere una buona distribuzione anche tra gli agricoltori ("Uno mattina" - RAI 1) e di un programma radio che da sempre tratta tematiche relative all'agricoltura ed alla tutela ambientale ("GR1 Agricoltura" - RADIORAI 1).

RAIUNO
Linea Verde

RAIUNO

RAIUNO
Linea Verde

Lo studio delle tematiche da trattare e l'elaborazione tecnica e comunicativa delle informazioni da fornire nelle diverse trasmissioni radio-televisive è stata affidato ad un gruppo di lavoro che ha coordinato diversi esperti di settore. Nell'impostare gli interventi si sono seguite strade differenti per i servizi televisivi rispetto a quelli radiofonici, sia per quanto riguarda lo stile di comunicazione scelto, sia per i contenuti.
In particolare le partecipazioni televisive, denominate "Appuntamenti con la sicurezza", prevedevano una intervista con un rappresentante dell'Istituto e la visione di un filmato commentato realizzato dall'Inail. Sono state costruite come un servizio redazionale specifico della durata di circa 5-6 minuti, così ripartiti:
- un minuto iniziale di introduzione e presentazione dell'argomento della puntata da parte del conduttore (giornalista RAI),
- visione del filmato (di circa 1,5 minuti) che evidenzia meglio l'argomento trattato,
- successivamente 3/4 minuti di commento al filmato, con la collaborazione del conduttore che rivolge domande di "approfondimento" all'esperto Inail presente.

Gli argomenti delle diverse trasmissioni TV sono stati in alcune occasioni di carattere generale, finalizzati a richiamare l'attenzione sullo specifico problema. In particolare si sono illustrati i dati infortunistici nazionali del settore agricolo e le prospettive su quelle che sarebbero state le politiche future di prevenzione e contenimento del fenomeno. A questi interventi a carattere politico ha partecipato, anche per sottolineare l'importanza riconosciuta dall'Istituto alle politiche prevenzionali, direttamente il presidente dell'INAIL prof.Gianni Billia insieme a rappresentanti delle associazioni di categoria nazionali.
La maggior parte degli interventi hanno avuto però un carattere più prettamente tecnico, focalizzando l'attenzione sulle specifiche fonti di rischio: la trattrice, le macchine operatrici, la raccolta e conservazione, i fitosanitari nelle colture sul campo, le superfici irregolari, i lavori accessori, la stalla ed i locali mungitura (rischio biologico ed altri rischi), i fitosanitari nelle serre, il lavoro dis-

agiato, la movimentazione manuale dei carichi, ecc. In tali occasioni sono intervenuti dei tecnici esperti per le rispettive materie e tematiche: un ingegnere meccanico per gli agenti di rischio legati all'uso delle macchine e delle attrezzature, un dottore in chimica per gli agenti chimici e biologici ed un dottore in medicina per gli aspetti traumatologici e per parlare delle malattie professionali. Per ogni contesto sono stati forniti sinteticamente informazioni sulle principali fonti di pericolo, i rischi correlati, le relative misure di prevenzione e protezione più opportune.
Più in particolare gli argomenti delle trasmissioni TV sono stati:

ID	Tipo di argomento
N. 1	Politico-strategico: di introduzione al problema
N. 2	Il trattore
N. 3	Le macchine operatrici
N. 4	Raccolta e conservazione
N. 5	I fitosanitari nelle colture su campo
N. 6	Superfici e lavori accessori
N. 7	Stalla e locale mungitura / rischio biologico
N. 8	Stalla e locale mungitura / Altri rischi
N. 9	Fitosanitari nelle serre -1° parte
N. 10	Fitosanitari nelle serre - 2° parte
N. 11	Lavoro disagiato / Movimentazione manuale dei carichi
N. 12	Politico-strategico: riassuntivo / conclusivo

Tra le attività svolte vi è stata anche l'elaborazione e la produzione di 12 sintesi filmate, riguardanti determinate situazioni di rischio, da "far passare" nell'ambito delle trasmissioni di Linea Verde Orizzonti.
Gli interventi radiofonici prevedevano una intervista con un rappresentante dell'Inail da parte di un giornalista della RAI, nell'ambito di una rubrica di approfondimento ai problemi dell'agricoltura e dell'ambiente collegato ad uno dei notiziari radiofonici. In questo caso si è preferito focalizzare l'attenzione sulla sensibilizzazione degli addetti ai lavori. In particolare proponendo semplici esempi pratici di carenza organizzativa, comportamenti umani sbagliati, disattenzioni che hanno determinato gravi infortuni. Sono stati forniti anche semplici consigli o indicazioni, che al momento potevano sembrare banali ma la cui urgenza ed importanza era data proprio dal numero elevato di incidenti che ancora si registravano. L'obbiettivo è stato quello di invitare tutti a non sottovalutare, per eccessiva familiarità con le attrezzature utilizzate, i rischi presenti nella attività agricole.

Una schematizzazione complessiva degli interventi viene fornita nello tabella seguente:

TRASMISSIONE	Numero puntate	TIPO DI INTERVENTO	NOMINATIVO
Uno Mattina	2	Politico-strategico	Presidente Prof. Gianni Billia
Linea Verde O.	2	Politico- strategico	Presidente Prof. Gianni Billia
Linea Verde O.	3	Tecnico-ingegneristico	Ing. Alfonso Piccioni (ing. meccanico)
Linea Verde O.	4	Tecnico-chimico	Dr. Ernesto Russo (chimico)
Linea-Verde O.	3	Tecnico-medico	Dr.ssa Elisa Saldutti (medico)
GR1 (radio)	10	Tecnico-informativo	n. 3 puntate Dr. Ernesto Russo n. 3 puntate Dr.ssa Elisa Saldutti n. 3 puntate Ing. Alfonso Piccioni n. 1 punt. Dr. Stancati Mario (Direzione Centrale Comunicazione)

Conclusioni

Al momento a pochi mesi dall'iniziativa si sono avuti molti riscontri positivi sia da parte di addetti al settore che da semplici ascoltatori. In particolare un discreto successo ha avuto la distribuzione degli audiovisivi. Altre iniziative di questo genere sono state programmate per il futuro, con lo scopo precipuo di realizzare specifici approfondimenti in quei settori che si dovessero rilevare particolarmente a rischio di infortuni sul lavoro.

OBBLIGO ASSICURATIVO PER SILICOSI (INAIL) PER LE DITTE DEL SETTORE DELL'ESTRAZIONE E LAVORAZIONE DEL PORFIDO IN TRENTINO.

*C. Buffa, C. Correzzola, D. Ferrante, A. Piccioni**
* INAIL - Direzione Regionale Trentino - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Il settore dell'estrazione e della lavorazione del porfido rappresenta in Trentino un'importante realtà produttiva sia in termini economici che di addetti.
In questi ultimi anni in provincia di Trento numerose sono state le controversie dell'INAIL con ditte che operano nel settore del porfido, in merito al pagamento del premio supplementare per l'assicurazione contro la silicosi.
In considerazione dei risultati delle indagini ambientali svolte e dei dati epidemiologici sui casi di silicosi riconosciuti, viene discussa la validità della soglia attualmente utilizzata per definire l'obbligo al pagamento del premio supplementare per silicosi. La problematica è affrontata anche con riferimento ai quesiti sollevati da vari consulenti tecnici che operano nello specifico settore, i quali tendono a ridimensionare il rischio di esposizione da silice libera cristallina aerodispersa e propongono limiti di riferimento meno restrittivi.
Dalla elaborazione dei dati statistici si costruisce un quadro schematico complessivo dell'esposizione degli addetti relativo al settore considerato nella sua interezza, quindi sulla base di esso viene proposta una ipotesi di procedura per l'applicazione del premio supplementare silicosi. Viene infine valutata l'opportunità dell'adozione di tale procedura come base per un accordo regionale di settore con le associazioni datoriali, finalizzato a semplificare e decongestionare la procedura di pagamento del premio supplementare.

Introduzione

Il settore del porfido in Trentino rappresenta un distretto economico ad elevata focalizzazione produttiva. Le cave di coltivazione del porfido sono concentrate nel Trentino orientale, nel cosiddetto "distretto del porfido", corrispondente all'area compresa tra i territori di Albiano, Fornace, Baselga e Lona-Lases, più alcuni comuni nella val di Cembra: Faver, Giovo, Grumés, Lisignago, Cembra, Segonzano e Sover. In tutto il distretto estrattivo l'ammasso roccioso è quasi sempre caratterizzato da una fitta fratturazione parallela che ne determina la netta suddivisibilità in lastre. La roccia coltivata, comunemente chiamata "porfido" nel gergo minerario ed imprenditoriale, è un'ignimbrite di composizione prevalentemente riolitica di colore rossastro o grigio-verdastro, chiaramente porfirica, costituita da fenocristalli di quarzo, plagioclasio, feldspato potassico e biotite, con abbondante massa di fondo microcristallina.
Dai dati forniti dall'ente di sviluppo del porfido (ESPO, 1996) risulta che il comparto comprende 101 cave, con un numero complessivo di occupati pari a poco più di 1600 ed un fatturato pari a 179 mld, e 109 laboratori per la lavorazione del grezzo, con un numero complessivo di occupati pari a circa 500 e un fatturato pari a 71 mld. Si tratta di imprese di piccola o piccolissima dimensione: il 40% delle aziende di estrazione conta un numero di addetti compreso tra 11 e 20, mentre il 47% dei laboratori non supera i 2 addetti. Il 73% del materiale estratto viene lavorato nelle cave, l'11% in laboratori collegati alle cave ed il rimanente 16% in aziende esterne a

carattere artigianale. Nella tabella 1 è rappresentata la distribuzione degli addetti tra le varie mansioni:

Tabella 1

Distribuzione degli addetti tra le varie mansioni

Professione	Quota percentuale
Dirigenti ed impiegati	5%
Segantini	5.5%
Scalpellini	5%
Piastrellisti	16%
Cubettisti	29%
Addetti alla movimentazione	8.5%
Manovali di cava	31%
Totale	100%

Informazioni più specifiche sull'organizzazione del lavoro nelle cave e nei laboratori e sulle caratteristiche delle singole mansioni sono riportate in maniera dettagliata in letteratura (Verdel, 1998).
Presso la CONTARP della Dir. Reg. Trentino in questi ultimi anni sono pervenute circa un centinaio di istanze di accertamento tecnico da parte della Sede di Trento, relative a ditte del settore porfido che hanno richiesto la verifica per ottenere l'esonero totale e/o parziale dal pagamento del premio supplementare silicosi. Trattasi per lo più di ditte che in sede di denuncia di esercizio hanno già provveduto ad operare forti riduzioni delle retribuzioni ritenute soggette all'obbligo assicurativo per silicosi, in un 30% di casi, addirittura, le imprese si sono autocertificate come non affatto soggette al rischio. Tale problematica risulta molto preoccupante in quanto buona parte del contenzioso non si esaurisce con l'emissione del parere ma si trascina successivamente nel campo giudiziario, con un orientamento della giurisprudenza non ancora ben delineato.

Caratteristiche e problematiche del contenzioso

In merito alle indagini ambientali nel settore del porfido è importante sottolineare come la presenza stessa di molteplici variabili non controllabili dia luogo ad una notevole dispersione dei risultati, indipendentemente dalla più o meno corretta applicazione delle metodiche e delle tecniche sperimentali. Ad esempio, trattandosi di lavori svolti prevalentemente all'aperto, le condizioni climatiche possono influenzare notevolmente le indagini (temperatura, umidità, periodi piovosi o secchi, vento, ecc.). Altro fattore influente è il ritmo di lavoro del singolo operatore, specie in una realtà produttiva in cui il lavoro "a cottimo" ha notevole importanza sulle retribuzioni complessive. L'inquinamento ambientale e di conseguenza i risultati dei campionamenti possono essere inoltre condizionati dalla presenza di importanti sorgenti esterne, ossia: dalla vicinanza o meno delle postazioni di lavoro al fronte di cava o ad altre aziende, dall'adiacenza delle stesse a vie di transito, così come dall'esistenza nelle vicinanze di frantoi. Infine una certa variabilità è legata anche all'attuazione più o meno efficace di misure di prevenzione mirate a limitare la formazione e dispersione di polveri, quali: la bagnatura dei piazzali, del materiale da

lavorare e delle vie di transito (legata anche alla disponibilità di acqua) e la presenza ed efficienza di sistemi di aspirazione polveri sulle macchine cubettatrici e piastrellatrici.
Il contenzioso di cui parliamo è stato inoltre fortemente influenzato dal fatto che negli ultimi anni molte ditte hanno incaricato società private di consulenza in materia di igiene industriale di svolgere accertamenti sull'esposizione a silice libera cristallina aerodispersa dei propri dipendenti. La controversia nasce anche dall'interpretazione a volte singolare da loro fatta dei dati strumentali, dei dati epidemiologici, dei tempi di esposizione e dei limiti TLV-TWA (ACGIH), in particolare nell'individuazione del valore di riferimento da adottare per stabilire l'obbligo assicurativo. Spesso, infatti, si fa riferimento a valori differenti rispetto a quello utilizzato dall'INAIL che su indicazione del Ministero del Lavoro assume da anni un "limite assicurativo" pari a 0.05 mg/mc.

Queste posizioni sono ben riassunte in un lavoro presentato da alcuni consulenti di aziende locali in occasione del 18° Congresso dell'AIDII tenutosi a Trento nel giugno 2000 (De Santa A., 2000). Gli autori ritengono che:

- nonostante una quota non trascurabile di lavoratori sia esposta a polveri contenenti silice libera cristallina in concentrazioni superiori al TLV/TWA=0.10 mg/mc (ACGIH 1997) si sia comunque assistito nell'ultimo decennio ad una forte riduzione dei casi di silicosi riconosciuti;
- i lavoratori del porfido facciano lunghe pause di lavoro nel corso della giornata ed inoltre l'attività preveda spesso la sospensione invernale (da dicembre a febbraio): da ciò ne deducono che le ore/anno di lavoro effettivo siano notevolmente inferiori rispetto agli altri comparti industriali (essi stimano una giornata lavorativa di 6,5-7 ore effettive, ed un numero di giornate lavorative annue pari al 75% della media degli altri settori produttivi).

Sulla base di queste considerazioni propongono di utilizzare un limite di riferimento per la silice cristallina nella frazione respirabile più alto rispetto al limite ACGIH 1997 (0.1 mg/mc), presumibilmente pari a 0.15 mg/mc.

In merito alla validità di queste affermazioni facciamo osservare che:

- in effetti da alcuni anni l'orario lavorativo giornaliero medio è inferiore alle canoniche 8 ore però le pause fisiologiche nel corso della giornata lavorativa sono previste in tutti i comparti industriali ed artigianali e non sono una prerogativa specifica del solo settore del porfido;
- la quantificazione dell'orario effettivo giornaliero, così come presentata dagli autori dell'articolo (6.5 ore al giorno), può al limite essere valida solo per un numero ristretto di aziende ma non si può generalizzare all'intero settore e, inoltre, su di essa dovrebbero pesare allo stesso modo anche altri fattori opposti, quali: l'influenza dell'attività a cottimo e le ore di straordinario (consuetudini ancora piuttosto diffuse nel settore);
- la maggior parte dei modelli correttivi dei limiti di esposizione occupazionali "per tempi di lavoro non usuali" (Brief and Scala, modello Farmacocinetico, ecc.) riportati dalle più autorevoli fonti bibliografiche non contemplano alcuna correzione dei limiti TLV-TWA (ACGIH) per orari di lavoro quotidiani inferiori alle 8 ore (Paustenbach, 1978);
- addirittura alcuni autori in merito ai TLV-TWA si riferiscono a "... 7-8 ore al giorno per 40 ore settimanali ..." (Sartorelli, 1981; Crepet, 1984);
- l'unica eccezione da noi trovata è rappresentata dal modello OSHA che prevede per il proprio limite di esposizione consentito "PEL" la possibilità di una correzione lineare anche per tempi inferiori ma su base settimanale anziché quotidiana;
- in merito poi all'influenza sull'adozione del TLV del numero di giornate lavorative annue non ci risulta che la ACGIH abbia mai stabilito una qualsivoglia correlazione;
- i campionamenti personali della frazione respirabile delle polveri vengono eseguiti di

norma per tempi abbastanza lunghi, oltre 4 ore comprendendo in genere anche parte delle pause lavorative (si consideri che in genere i lavoratori durante le pause permangono sul posto di lavoro), operando così si tiene intrinsecamente conto delle fluttuazioni istantanee dell'inquinante nell'aria, fluttuazioni che verranno mediate nell'arco del tempo così che il risultato ottenuto, espresso in mg/mc, potrà quindi essere messo direttamente a confronto con il TLV/TWA.

Più in particolare nel determinare il valore di riferimento da adottare ai fini assicurativi, per una maggiore tutela dei lavoratori, riteniamo si debba tener conto della variabilità dei dati sperimentali, di cui abbiamo parlato sopra, tramite considerazioni di carattere statistico. In merito il NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) nel passato ha sviluppato "predictive and analytical statistical methods" ai fini di una valutazione dei risultati sperimentali, da cui W. Melvin ha concluso che si può tener conto delle variabili casuali adottando un limite più basso rispetto al TLV. Tale limite, chiamato "livello d'azione", è definito in modo da minimizzare la probabilità che perfino una percentuale molto piccola della reale esposizione media giornaliera dei lavoratori superi lo standard del TLV/TWA e dovrebbe essere adottato quando la misura di un solo giorno viene utilizzata per trarre conclusioni per periodi lunghi (mesi, anni). Sulla base di osservazioni empiriche è stato accertato che quando il risultato di una singola misura è inferiore al 50% del TLV/TWA si ha una probabilità inferiore al 5% di superare il TLV nell'arco di tempi lunghi. Pertanto ormai da diversi anni la consulenza tecnica Inail adotta come riferimento per il rischio assicurativo da silice libera cristallina aerodispersa nella frazione respirabile un valore pari al 50% del TLV (ACGIH 1997).

Nel corso del corrente anno l'ACGIH, avendo classificato il quarzo nel gruppo A2, cioè sospetto cancerogeno per l'uomo, ha adottato un nuovo TLV per la silice respirabile, fissandolo pari ad un valore di 0.05 mg/mc. Questo potrebbe comportare prossimamente delle ripercussioni anche sul valore di riferimento utilizzato ai fini assicurativi.

Comunque, essendo il premio supplementare riferito al rischio di silicosi e non alla sospetta cancerogenicità del quarzo, noi riteniamo siano da considerare ancora validi i criteri in vigore (livello di azione pari a 0.05 mg/mc di silice libera cristallina nella frazione respirabile delle polveri aerodisperse).

Risultati delle indagini INAIL

Le nostre indagini sono iniziate nel '95 e proseguono tuttora, a tutto il '99 hanno riguardato circa 40 aziende del settore (oltre il 17% del totale) con l'effettuazione di circa 350 campionamenti personali. Per la determinazione dell'esposizione alle polveri si è fatto uso di campionatori personali dotati di cicloni capaci di selezionare la frazione respirabile così come definita dalla convenzione di Johannesburg (Casella, SKC). La determinazione della massa di quarzo è stata determinata direttamente sui filtri mediante tecnica di analisi XRD. Le condizioni sperimentali sono descritte dettagliatamente in letteratura (Ripanucci, 1992), e possono essere riassunte nel modo che segue: flusso aspirante 1.9 l/min; filtri di argento Osmonics di porosità 0.8 µm e diametro 25 mm; tempo di prelievo ≥4ore; diffrattrometro Philips PW 1800 (X ray tube: LFF 50KV, 40mA).

I dati a nostra disposizione relativi al settore del porfido trentino sono riportati di seguito.

Inquinamento da polveri respirabili e relativo tenore di quarzo

L'intervallo di variazione della polverosità respirabile è compreso tra 0.041 e 1.41mg/mc

(Grafico 1), si tratta cioè di una polverosità non troppo elevata nel suo complesso come è lecito aspettarsi essendo riferito ad attività condotte prevalentemente all'aperto.

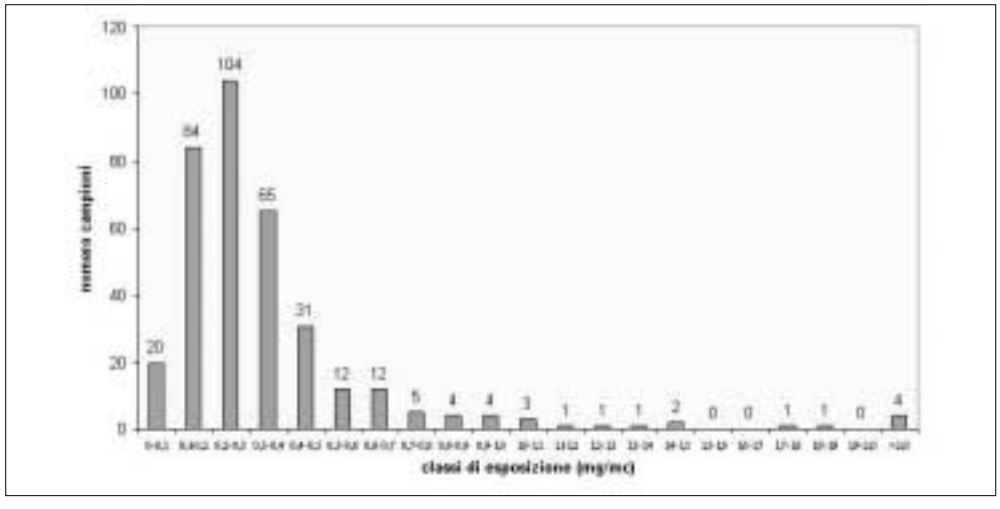


Grafico 1: Inquinamento da polveri respirabili: distribuzione per classi di esposizione.

Una ampia variabilità si rileva anche sulla percentuale di quarzo presente nelle polveri respirabili, che risulta compresa tra un minimo del 3% ed un massimo superiore al 40%; la media si attesta comunque su un valore piuttosto elevato, pari al 20.6% (Grafico 2), come era prevedibile dato l'alto contenuto in quarzo del porfido. Tale risultato è congruente con quelli pubblicati da altre fonti in analoghi studi (tab. 2):

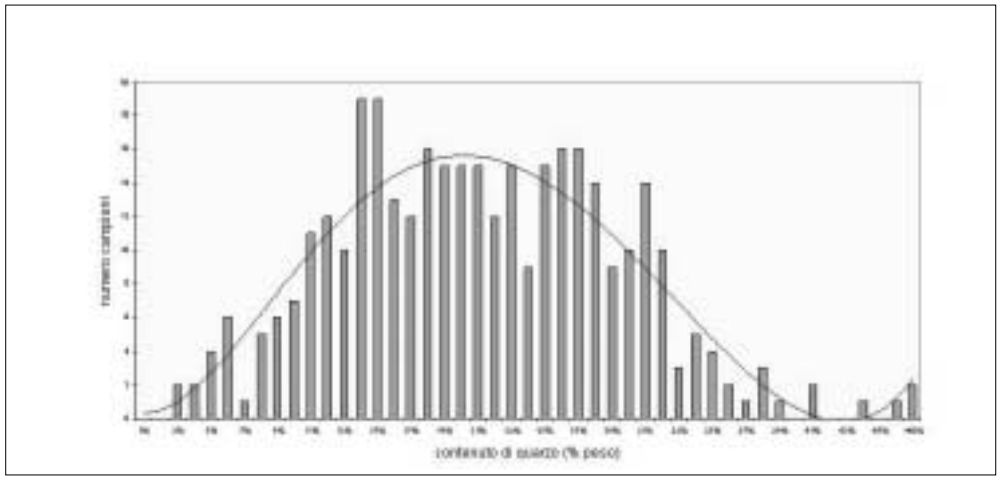


Grafico 2: Distribuzione del contenuto percentuale di quarzo nei campioni esaminati.

Tabella 2

Distribuzione del contenuto in quarzo: confronto dati INAIL ed altre fonti

Fonti	Media (%)	Dev. Standard (%)
Dati De Santa et al., 1998	17.6	6.3
Dati INAIL	20.6	8.5

Esposizione a silice libera cristallina

L'esposizione della silice libera cristallina respirabile rilevata per la totalità delle mansioni campionate risulta abbastanza dispersa, come si vede nel grafico seguente.

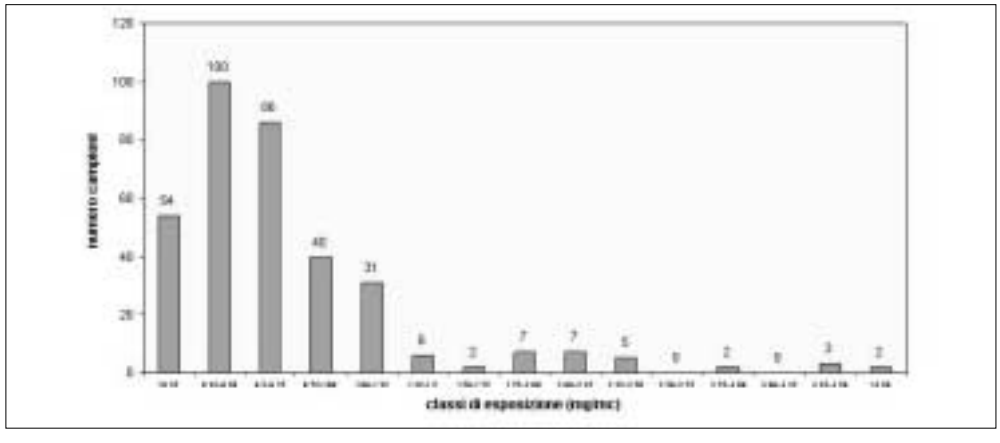


Grafico 3: Distribuzione della concentrazione di silice libera cristallina presente nella frazione di polveri respirabili per tutte le mansioni campionate.

La distribuzione dei valori risulta comunque sorprendentemente simile a quella riportata in analoghi lavori pubblicati in letteratura. Nella tabella seguente essi sono messi a confronto. Il fatto che i dati INAIL si attestino su valori inferiori trova giustificazione molto probabilmente nel fatto che i campionamenti hanno riguardato tutte le mansioni in eguale misura mentre le altre campagne di accertamento sono state presumibilmente mirate al controllo delle mansioni ritenute più a rischio.

Tabella 3

Confronto tra dati INAIL ed altre fonti

Fonti	Numero totale campionamenti	Numero di casi con esposizione superiore al limite di riferimento (≥0.05 mg/mc)	Percentuale di casi con esposizione superiore al limite di riferimento (≥0.05 mg/mc)	Esposizione media (mg/mc)
Dati De Santa, 2000	1522	962	63.2%	0.080
Dati De Santa, 1998	683	446	65.3%	0.081
Dati INAIL	355	191	53.8%	0.070

Abbiamo analizzato i nostri dati in forma disaggregata in funzione delle diverse mansioni: i risultati sono riportati in tabella 4.

Tabella 4

Risultati dei campionamenti relativi a ciascuna mansione

Mansioni	Numero totale campionamenti	Numero di casi con esposizione superiore al limite di riferimento (≥ 0.05 mg/mc)	Percentuale di casi con esposizione superiore al limite di riferimento (≥ 0.05 mg/mc)	Esposizione media (mg/mc)
Addetti alla movimentazione	48	9	18.8%	0.030
Manovali di cava	137	75	54.7%	0.066
Piastrellisti	53	37	69.8%	0.075
Cubettisti	53	33	62.3%	0.101
Segantini	44	23	52.3%	0.066
Altro (operai jolly, addetti al frantoio, fiammatori)	20	14	70%	0.103
Totale	355	191	53.8%	0.070

E' possibile trarre essenzialmente due conclusioni:

1. per gli addetti alla movimentazione i dati risultano confortanti per quanto riguarda il rischio silice: in meno del 19% dei casi l'esposizione è risultata superiore al valore di riferimento (0.05 mg/mc) mentre il valore medio risulta pari a 0.030 mg/mc e quindi ampiamente inferiore al livello di azione;
2. per le altre mansioni al contrario i risultati registrano valori di esposizione medi superiori al livello di azione con percentuale dei soggetti esposti superiore al 50%.

Questo secondo gruppo di addetti, le cui mansioni non possono non ritenersi a considerevole rischio silice, vengono di seguito analizzati come gruppo omogeneo, nella tabella che segue si raggruppano i dati relativi:

Tabella 5

Risultati dei campionamenti relativi al gruppo omogeneo (manovali, piastrellisti, cubettisti, segantini)

Mansioni	Numero totale campionamenti	Numero di casi con esposizione superiore al limite di riferimento (≥ 0.05 mg/mc)	Percentuale di casi con esposizione superiore al limite di riferimento (≥ 0.05 mg/mc)	Esposizione media (mg/mc)
Gruppo omogeneo	307	168	54.7%	0.074

La dispersione dei dati è riportata nel grafico 4. In considerazione del fatto che il modello di distribuzione lognormale interpreta bene i fenomeni che sono risultanti di un meccanismo moltiplicativo determinato dall'azione di più fattori casuali, abbiamo interpolato i nostri valori con una funzione di tipo lognormale. La funzione calcolata risulta:

$$f(x) = \frac{0.42}{x} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x + 2.81}{0.69}\right)^2\right]}$$

Essa è riportata graficamente nel grafico 5 ed è caratterizzata da moda pari a 0.024 mg/mc, mediana pari a 0.059 mg/mc e media pari a 0.074 mg/mc.

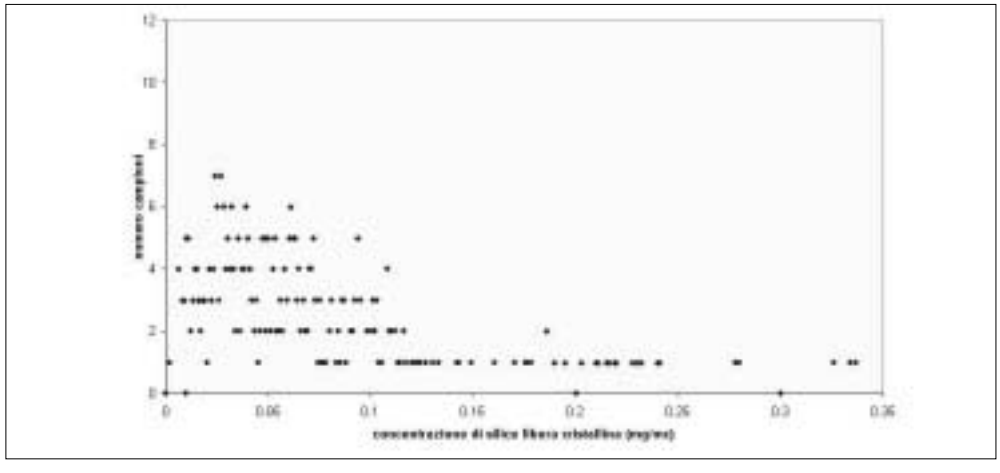


Grafico 4: Dispersione dei dati sperimentali per il gruppo omogeneo (silice libera cristallina nella frazione respirabile in mg/mc)

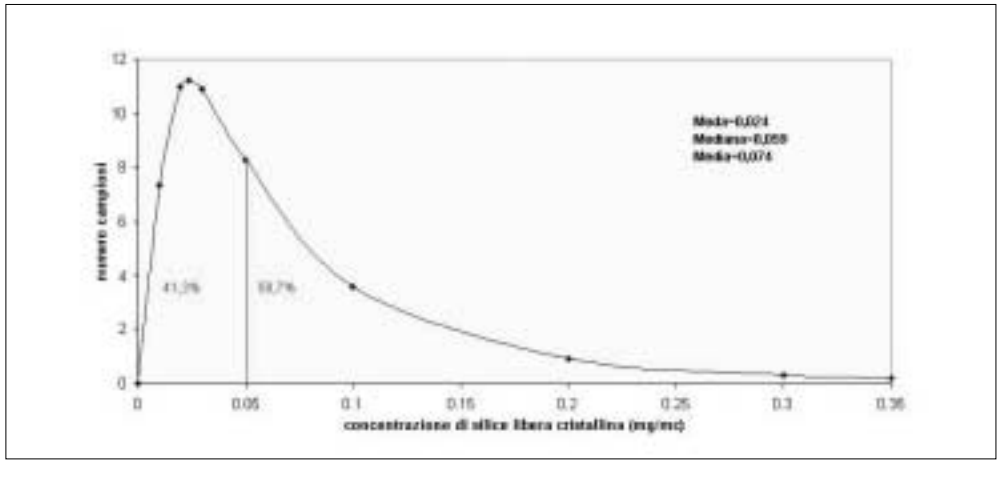


Grafico 5: Distribuzione lognormale della concentrazione di silice libera cristallina nella frazione respirabile (mg/mc)

Possiamo ritenere, con gli opportuni distinguo in considerazione della non elevata numerosità del campione, che questa funzione sia rappresentativa dell'esposizione a rischio di silice libera cristallina aerodispersa per i lavoratori del porfido trentino nella loro globalità. Tenendo conto che l'area sottesa dalla curva del grafico 5 si distribuisce per il 58.7% alla destra del valore di 0.05 in ascissa, si può ritenere nel complesso che circa il 60% dei lavoratori del settore del porfido trentino appartenenti al gruppo omogeneo si trovi a lavorare in condizioni di rischio da silice libera aerodispersa.

Valutazione del rischio e proposta di risoluzione collettiva

La Dirigenza Regionale, di recente, ha sollecitato la consulenza a formulare se possibile una proposta di accordo, da presentare ai consorzi che raggruppano le ditte del settore, per dirimere con più chiarezza l'intera questione. Superare in pratica i punti delicati della controversia che sono:

1. la dispersione tipica dei dati sperimentali e l'incertezza della loro applicazione alla singola azienda,
2. l'orientamento interpretativo di alcuni consulenti privati e CTU non propriamente condivisibile.

Alla luce dei risultati ottenuti con le nostre campagne di indagine, confortati anche dalla loro conformità ad analoghi studi pubblicati dai consulenti locali, sulla base della constatazione che trattasi di aziende alquanto uniformi per quel che riguarda la tipologia delle lavorazioni e le modalità operative, e che le caratteristiche della materia prima (porfido) risultano in generale piuttosto omogenee, si è riflettuto sull'opportunità di passare da un accertamento mirato alla singola azienda ad un accertamento sul settore lavorativo nella sua interezza. Questo permetterebbe l'uso di dati più attendibili in quanto il campione statistico risulterebbe più numeroso e conseguentemente l'interpretazione dei dati risulterebbe più rappresentativa. In questa ottica la distribuzione riportata nel grafico 5, in una prima ipotesi, potrebbe rappresentare la base statistica sulla quale definire l'assoggettabilità delle aziende al premio supplementare silicosi e la misura del premio stesso.
In questo caso si prospetterebbe la possibilità per l'Istituto di proporre all'attenzione degli organi consortili interessati un metodo di risoluzione complessivo. Si ritiene infatti che in virtù della peculiarità del distretto, della sua ristretta localizzazione geografica e della omogeneità delle problematiche del settore, una proposta di risoluzione collettiva sia non solo possibile ma anche auspicabile per definire il lungo contenzioso.
Una prima bozza di proposta di accordo potrebbe articolarsi nei seguenti punti:

1. esonero totale dal pagamento del premio supplementare per i lavoratori che rientrano nella categoria degli "addetti alla movimentazione" (palisti, mulettisti, ecc.) la cui esposizione a silice libera cristallina aerodispersa è risultata mediamente inferiore al limite assicurativo;
2. obbligo del pagamento del premio supplementare per le mansioni che rientrano nel "gruppo omogeneo" (manovali di cava, piastrellisti, cubettisti, segantini), per il quale i dati sperimentali sono distribuiti "a cavallo" del livello di azione (grafico 4);
3. per tali categorie di lavoratori il premio supplementare sarà dovuto per il 60% delle retribuzioni in accordo con le considerazioni statistiche riferite nel capitolo precedente nell'ipotesi di distribuzione lognormale della concentrazione di silice libera cristallina come riportate nel grafico 5;
4. le ditte che in passato si sono autoesonerate dal pagamento del premio supplementare silicosi dovranno versare le quote arretrate nella misura stabilita con i criteri sopra esposti, senza peraltro incorrere in sanzioni;

5. l'Ente continuerà ad effettuare rilevamenti che avranno il solo scopo di monitorare l'andamento del fenomeno ed eventualmente permettere in futuro delle modifiche dei criteri di pagamento;

Ovviamente trattasi di una prima ipotesi suscettibile di variazioni, in particolare aspettiamo di disporre dei risultati della campagna di campionamenti effettuata nel 2000 che coinvolgerà circa 20 ditte e quasi 200 lavoratori. Questi ci permetteranno di implementare la consistenza del campione e quindi l'attendibilità dei risultati statistici utilizzabili.

Conclusioni

I vantaggi per l'Istituto che si prospettano dall'adozione di un simile criterio sono numerosi: riduzione del contenzioso, maggiore uniformità di trattamento, minore impegno di risorse umane, migliore immagine all'esterno.
D'altro canto le aziende interessate godranno di maggiore chiarezza, di procedure semplificate, di minori spese per i campionamenti; infine i nostri accessi non saranno più percepiti come controllo a scopo "punitivo", ma come una verifica della situazione del settore nella sua globalità. Sul piano della prevenzione, dal momento che i successivi accertamenti saranno mirati solo a ricomporre un nuovo panorama statistico sulla base del quale riformulare l'accordo a scadenza del periodo di validità, si prevede che si genererà all'interno dei consorzi o dei gruppi di impresa un proficuo sistema di autocontrollo in quanto i risultati degli accertamenti avranno una ricaduta sul settore in generale e non sulla singola impresa. La soluzione proposta, quindi oltre a snellire la procedura di applicazione del premio, porterà anche ad incentivare tutte le iniziative comuni che mirano a tutelare la salute dei lavoratori, allo scopo di uniformare i livelli di attenzione di ogni singola azienda allo standard ottimale.

BIBLIOGRAFIA

Bartolomei G., Corsi M., Dalcin R., D'amico G., Gatto P., Nardin M., Rossi D., Sacerdoti M., Semenza E.: *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000,* Foglio 21 Trento, Serv. Geol. d'Italia, Roma, 1969, pp. 1-79.

Casciani G., Ripanucci G., Verdel U.: *La silice libera in natura e nei prodotti artificiali,* Guida al riconoscimento di alcune fonti di rischio di malattie professionali, Inail, Roma, 1992, pp. 111-214.

Cerisola R, Perrone G., Piccioni A., Pol G., Verdel U.: *Valutazione del rischio assicurativo da silice nella realtà trentina dell'estrazione e lavorazione del porfido,* Atti del 4° Convegno: Le Giornate di Corvara, 1998, pp. 161-167.

Curro' Dossi A.: *Metodi di abbattimento e cenni sulla lavorazione del porfido nel Trentino - Alto Adige,* Atti del Symposium internazionale sui giacimenti minerari delle Alpi, Trento, 1966, pp.1085-1105.

De Santa A., Maddalena R., Radam R.: *Esposizione a quarzo nella lavorazione del porfido: indagine di comparto,* Atti del 4° Convegno: Le Giornate di Corvara, 1998, pp. 157-160.

De Santa A., Radam R., Berri A., Massola A.: *Particolarita' nell'utilizzo di TLV per il quarzo nella lavorazione del porfido,* Atti del 18° Congresso Nazionale AIDII, Trento, 2000, pp. 46-49.

ESPO - Provincia Autonoma Di Trento (Autori Vari): *Progetto Cava Tipo: miglioramento delle tecniche di coltivazione, dell'organizzazione del ciclo produttivo e delle condizioni di lavoro nel settore del porfido,* Rapporto conclusivo a cura di Lorenzo Cadrobbi, Albiano (Tn), 1999.

Ripanucci G.: *Guida metodologica per l'accertamento del rischio silicosi,* Inail, Roma, 1992, pp. 1-52.

Verdel U., Piccioni A., Cerisola R.: *Report on pollution by quarz dust inm ining and manufacturing of porfhyry in Italy, Trento Province,* Proceedings 9th Int. Conf. Occup. Resp. Diseases, Kyoto, 1997, pp. 1029-1032.

American Council of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): *TLVs and BEIs, **2000.***

Sartorelli E.: *Trattato di medicina del lavoro,* Piccin Editore, 1981, Padova, pp. 192-197.

Crepet M.: *Igiene e sicurezza negli ambienti di lavoro,* Dott. M. Ragno Editore, 1984, Roma, pp. 12-23.

Paustenbach B.J.: *Occupational exposure limits, Pharmacokinetics and unusual workschedules in Patty's Industrial Hygiene and Toxicology,* 2nd ed., 1978, John Wiley and sons Inc., vol. 3A, cap. 6, pp. 150-223

Verdel U., Piccioni A., Cerisola R. & Perrone G.: *Inquinamento da polvere di quarzo e danni provocati nell'estrazione e lavorazione del porfido in Trentino,* Rivista degli Infortuni e delle Malattie Professionali, 1998, Fasc. 6, pp. 747-758.

MALATTIE ALLERGICHE DELLA CUTE E DELL'APPARATO RESPIRATORIO DI ORIGINE PROFESSIONALE IN TOSCANA: DATI INAIL

*D. Sarto**

* INAIL - Direzione Regionale Toscana - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Il presente lavoro nasce dalla necessità di approfondire le tematiche delle malattie definite "sconosciute e sommerse " le quali però assumono sempre maggior rilievo nell'ambito delle patologie di origine professionale.
Si tratta di uno studio di tipo conoscitivo retrospettivo, relativo alla frequenza delle malattie di tipo allergico nella realtà produttiva toscana. Sono state prese in considerazione le malattie dell'apparato respiratorio e della cute; ne è stata indagata la frequenza sia per distribuzione territoriale sia per specifiche attività lavorative.
I dati sono stati estratti dalla banca dati interna e sono stati analizzati globalmente per la regione Toscana e per ciascuna provincia; è stata indagata, inoltre, ogni singola tipologia di comparto produttivo ricorrendo alla suddivisione tariffaria vigente, al fine di individuare le attività a maggior rischio e i fattori principali causa dei fenomeni allergici.
Il lavoro ha dato luogo ad una carta tematica del territorio suddivisa per incidenza dei casi e di una mappa delle attività lavorative.
Il presente studio costituisce un punto preliminare all'effettuazione di ulteriori studi in merito ai principali agenti allergizzanti e la loro presenza nei luoghi di lavoro.

Introduzione

Numerosi studi epidemiologici effettuati negli ultimi 10-15 anni hanno evidenziato un progressivo incremento della prevalenza delle malattie allergiche nella popolazione generale e, di pari passo, negli ambienti di lavoro. Da una breve analisi delle cause è emerso che, oltre ai noti allergeni (farina di frumento, derivati di animali, pollini) molte altre sostanze sono risultate imputate nella genesi dei nuovi casi di allergia.
Lo spunto per il presente lavoro è nato dall'osservazione dei dati riguardanti le malattie denunciate nel settore agricolo (a carattere non industriale, ovvero l'ambito dei coltivatori diretti) per il territorio nazionale e quello della nostra regione. Da tale studio è emerso, infatti, che nello specifico settore, per l'intero territorio italiano, tra le malattie professionali denunciate, sono prevalenti quelle legate all'apparato respiratorio, mentre analizzando la realtà Toscana si osserva una inversione di tendenza e le malattie più frequentemente denunciate sono le ipoacusie. Da qui l'idea per un approfondimento dell'analisi a livello regionale e provinciale, esteso anche alle malattie cutanee e alle attività lavorative a carattere industriale.
Se da un lato, infatti, a livello nazionale, i casi di malattie allergiche denunciati all'INAIL sono in numero considerevole ed in costante aumento negli ultimi anni, a livello regionale pochi sono i casi noti al nostro ente, a fronte di numerosissimi casi verificati dalle ASL. Secondo una prima analisi dei dati, infatti, le malattie cutanee e respiratorie rappresentano circa il 20% delle m.p. a livello nazionale, e circa il 12-18% in Toscana.

Scopo

Lo scopo è di iniziare un'opera di sensibilizzazione dei lavoratori nei confronti di queste patologie, attraverso patronati, medici di base e quanti si occupano di prevenzione a livello territoriale, per spostare l'attenzione dalle tipiche malattie denunciate con facilità (una per tutte: l'ipoacusia) verso questa altra tipologia di malattie che si configura sempre di più come patologia di origine professionale. Ci si propone anche di darne la giusta divulgazione in accordo con quanto evidenziato dalle linee guida per la malattie cosiddette "sconosciute", ovvero quelle patologie che, per carenza di conoscenze scientifiche ed epidemiologiche o per insufficiente circolazione di informazione in merito, spesso non vengono diagnosticate come di probabile origine professionale e, pertanto, non denunciate all'INAIL.

Metodo d'indagine

Sono state prese in considerazione le patologie della cute (dermatiti, dermatosi, e affezioni eritematose) e patologie dell'apparato respiratorio (asma, asma bronchiale, affezioni da inalazione di fumi e vapori) che per loro natura possono avere un'origine di tipo allergica.
I dati relativi ai casi denunciati all'INAIL sono stati estratti dalla banca dati interna, afferendo agli operatori centrali di ognuna delle 10 sedi della Regione Toscana, con la collaborazione dei colleghi del C.R.E.D.
Le ricerche sono state effettuate mediante l'individuazione di opportune "query" inoltrare all'elaboratore, con le quali si sono richiesti i casi inseriti con i seguenti "codici nosologici":
247:" Asma bronchiale"
249: "Asma"
257: "Affezioni respiratorie da inalazioni di fumi e vapori"
363: "Dermatosi eritemato-squamose, eczemi infantili"
364: "Dermatite da contatto ed altri eczemi"
367: "Affezioni eritematose"

Questi codici individuano le relative malattie indicate di seguito e sono stati stabiliti con la circolare n. 35/92 per le malattie professionali al fine di uniformare, per quanto possibile, l'inserimento dei dati all'interno della banca dati.
Inizialmente erano stati presi in considerazione anche i codici nosologici relativi a "orticaria" e "Altre malattie della cute e del tessuto cellulare sottocutaneo", ma questi non hanno fornito sufficienti informazioni, per cui sono non stati inseriti nell'elaborazione dei dati.
La ricerca è stata mirata ad individuare i casi denunciati relativamente alla tipologia di azienda nella quale si sono verificati, al fine di ottenere una panoramica suddivisa per attività lavorative che comportano maggior rischio.
Lo studio ha riguardato il quinquennio 1995-1999.

Risultati

I dati sono stati analizzati nel complesso per la regione Toscana e per singola provincia.
E' da notare che in valore assoluto il numero dei casi che è emerso dalla ricerca è piuttosto esiguo; l'analisi della tipologia di azienda coinvolta, pertanto, è stata effettuata non in base alle singole voci di tariffa, ma in base al grande gruppo di appartenenza, in quanto la prima ipotesi è risultata priva di significato, dato l'esiguo numero di casi che si sono riscontrati per ogni voce di tariffa.

Nell'arco del quinquennio sono risultati in totale **1288** casi di malattia professionale di origine allergica denunciate all'INAIL, così suddivise negli anni:

anno	*n. casi*
1995	453
1996	397
1997	309
1998	314
1999	300

I casi presi in esame rappresentano circa il 10% del totale delle malattie professionali denunciate all'INAIL, che sono costituite per la stragrande maggioranza da ipoacusie; tale percentuale si riscontra in tutto il quinquennio.
Il numero totale degli addetti nei settori lavorativi di industria e agricoltura mostra nel corso del quinquennio un andamento crescente fino al 1997, poi si osserva un'inversione di tendenza per cui dal 1998 c'è un calo dell'impiego, come mostrato in figura 1.

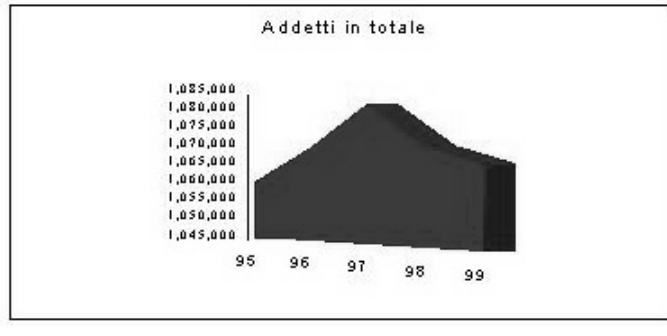


Figura 1

Si può calcolare quindi l''indice di frequenza:

n. casi/n. addetti x 1.000

il cui andamento nei cinque anni è rappresentato in fig. 2:

Figura 2

L'analisi delle patologie è stata suddivisa per tipologia: malattie della cute e dell'apparato respiratorio, per caratterizzare separatamente i due tipi di manifestazioni allergiche.

1. Malattie della cute

L'andamento delle manifestazioni cutanee nei cinque anni presi in considerazione è rappresentato dai grafici sottostanti.
Il numero dei casi denunciati all'INAIL nell'intera regione Toscana, nei 5 anni presi in considerazione è di **789**, con una distribuzione nel tempo che mostra l'andamento illustrato in fig. 3

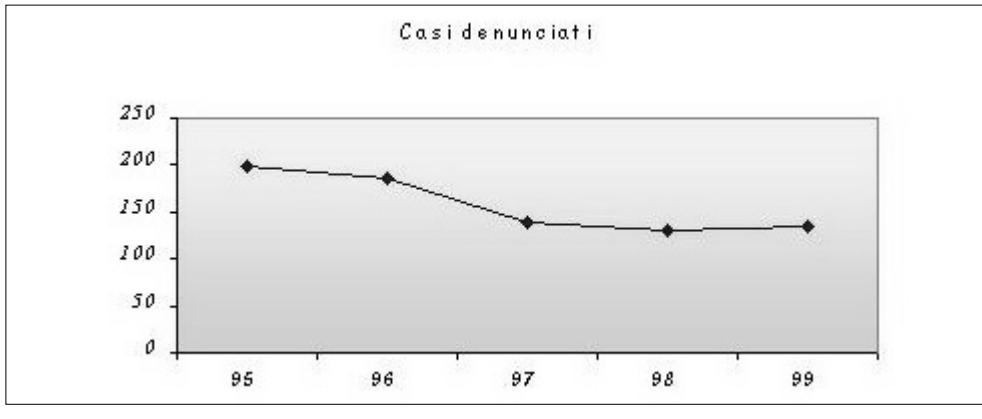


Figura 3

Si nota che il numero assoluto dei casi denunciati è leggermente calante, con una piccola inversione di tendenza per l'ultimo anno. Anche la frequenza degli eventi relativi alle malattie cutanee a livello regionale è in leggero calo nell'arco degli anni, per il periodo 1995-1999(fig. 4).

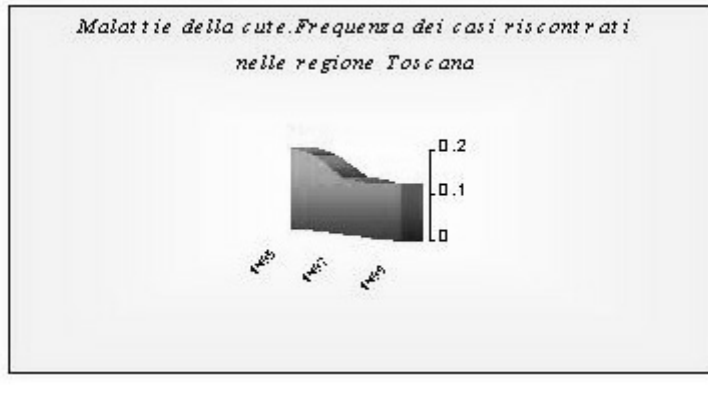


Figura 4

I dati sono stati analizzati per grande gruppo di tariffa e la distribuzione percentuale dei casi denunciati all'interno di ciascun gruppo è illustrata dal grafico di seguito (fig.5):

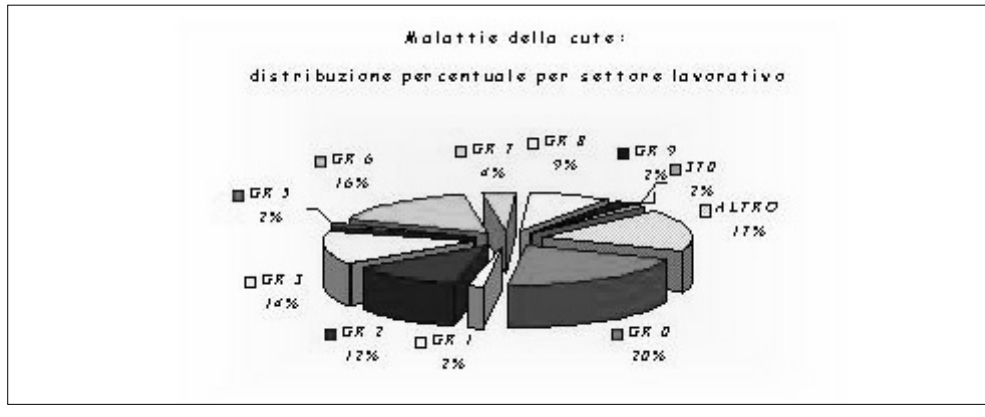


Figura 5

Il grande gruppo maggiormente rappresentato è il grande gruppo "0" (varie e servizi) che ha fatto registrare il 20% circa dei casi totali; di seguito il g.g. "6"(metallurgia) e gg "3"(edilizia) con un numero simile di casi (16 e 14% rispettivamente). Da notare che, comunque, vi è una percentuale non trascurabile (17%) di casi per i quali non è stato possibile risalire al settore lavorativo nel quale si sono verificati.
Il dato che compare sotto la dizione "*gestione 370*" è riferito al codice che viene utilizzato nella banca dati per individuare le malattie professionali in agricoltura, e più precisamente quella parte dell'attività agricola che individua i coltivatori diretti. Si osserva che in questo settore il numero delle dermatiti denunciate è piuttosto basso e costituisce soltanto il 2% del totale dei casi denunciati.
Nessun dato è stato rilevato per il g.g. n. 4 (esercizio di impianti per l'elettricità).
I g.g. 9 (trasporti), 1 (lavoraz. agricole, allevamento animali, pesca e alimenti) e 5 (legno) costituiscono i settori con la percentuale minore di tutti i casi rilevati (2% ciascuno).

Più significativo è, comunque, il dato della frequenza relativa (fig. 6), ovvero il numero di casi rapportati al numero di lavoratori di quel settore, per 1000 addetti.

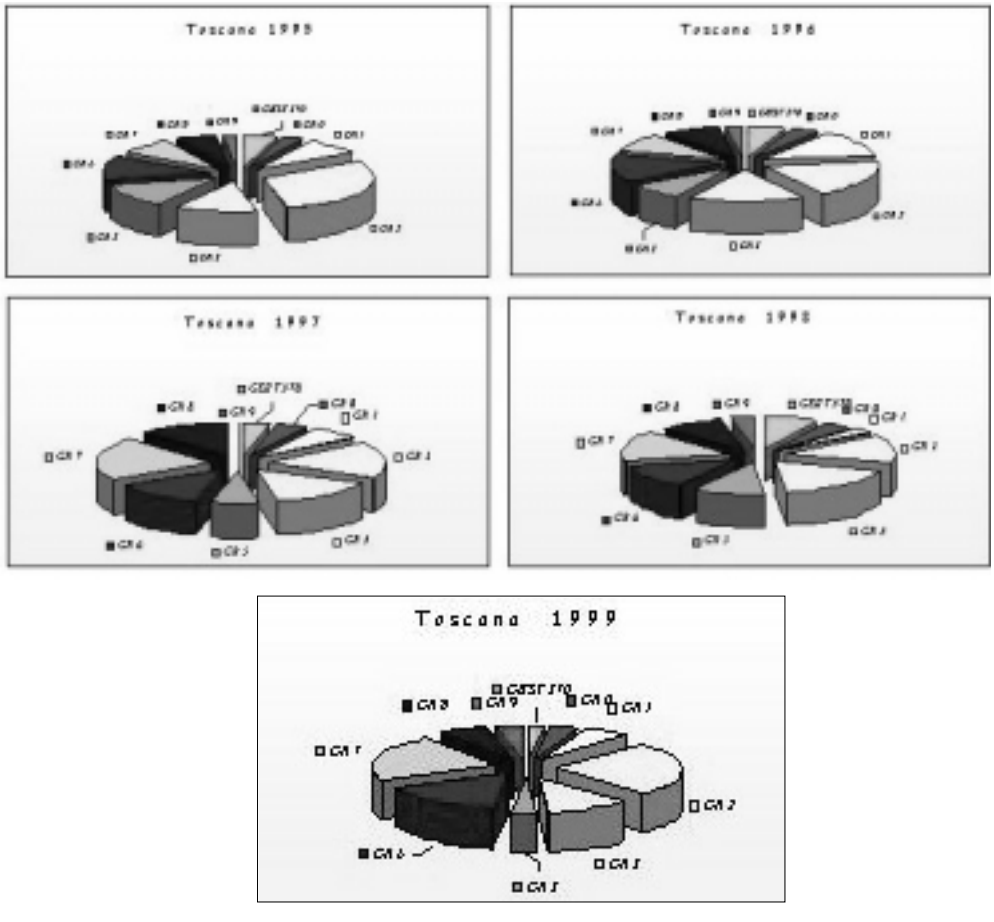


Figura 6

Se analizziamo l'andamento della frequenza di all'interno dei singoli settori lavorativi, osserviamo che la tendenza è molto variabile a seconda del settore considerato : in fig. 7 sono riportati i grafici per i GG maggiormente rappresentativi:

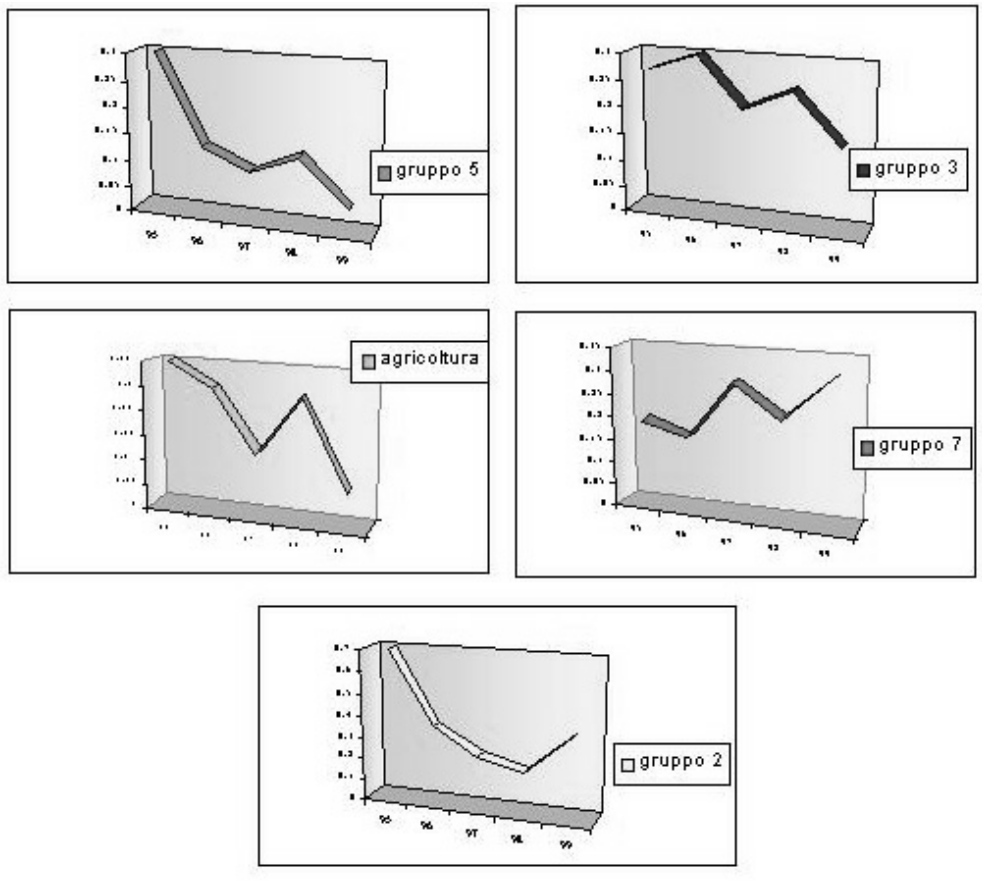


Figura 7

la frequenza più elevata è stata riscontrata all'interno del GG2 (settore chimico, materie plastiche e pellame), anche ha andamento calante negli anni;
sono in calo anche le frequenze nei settori delle costruzioni (GG 3) e del legno (GG 5); similmente si può dire per il settore agricolo, nonostante un lieve aumento dei casi nel 1998;
al contrario sono in aumento le dermatiti nel settore minerario (GG 7) come mostrato dai grafici di seguito, e le attività agricole mostrano un andamento variabile nel corso del quadriennio.

E' stata calcolata la media delle frequenze riscontrate in ogni provincia negli ultimi 4 anni, al fine di evidenziare l'andamento globale dei casi di dermatite. La provincia con maggiore frequenza di casi è Pisa, seguita da Livorno, Carrara e Arezzo (fig 8).

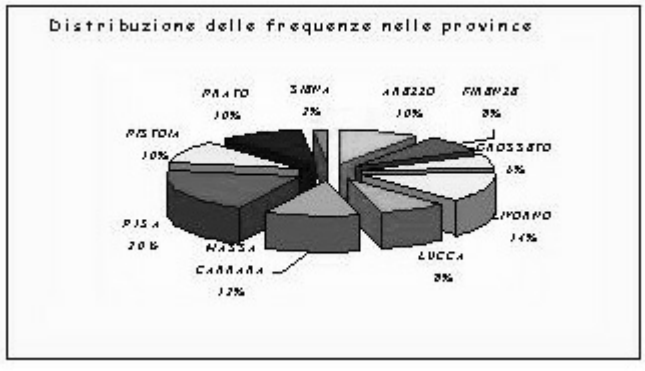


Figura 8

Interessante il dato riguardante l'**agente materiale** che ha provocato la manifestazione allergica (fig. 9).

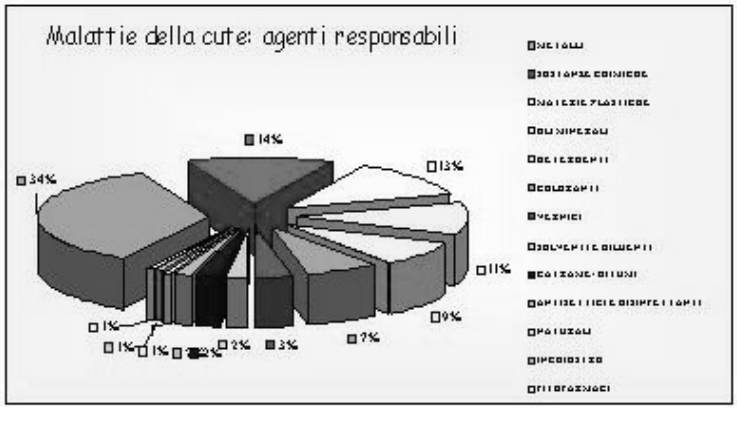


Figura 9

Anche in questo caso bisogna sottolineare la difficoltà di reperire dati attendibili. Per quanto possibile, quindi, è stata sintetizzata nelle seguenti tabelle la situazione rilevata.
La stragrande maggioranza dei casi è dovuta al contatto con metalli (199 casi), seguito da sostanze chimiche. Non trascurabile anche il dato relativo alle materie plastiche (che includono gomma, resine di vario tipo) e agli oli minerali.

Tra i metalli quello più frequentemente riscontrato come causa di manifestazioni allergiche (fig. 10) è stato il cromo con i suoi sali (bicromato di potassio in particolare).

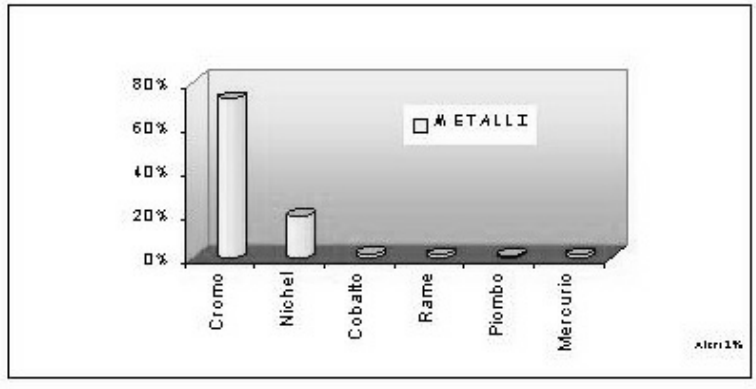


Figura 10

Numerosi sono anche i casi dovuti al nichel. Altri metalli (Cobalto, Rame, Piombo, Mercurio) sono stati riscontrati molto di rado, ed altri casi sporadici (Alluminio) costituiscono una percentuale non rilevante di questo gruppo di sostanze allergogene.
Il dato sopra riportato è in accordo con i casi giunti alla nostra Con.t.a.r.p.
Infatti nel periodo considerato sono arrivate all'esame dei consulenti 17 casi di malattie della cute non tabellate. Di questi ben 7 sono dovuti a metalli (con ugual numero di casi dovuti a sali di cromo e di nichel: 3 casi rispettivamente), 2 a materie plastiche e due a sostanze coloranti (fig. 11).

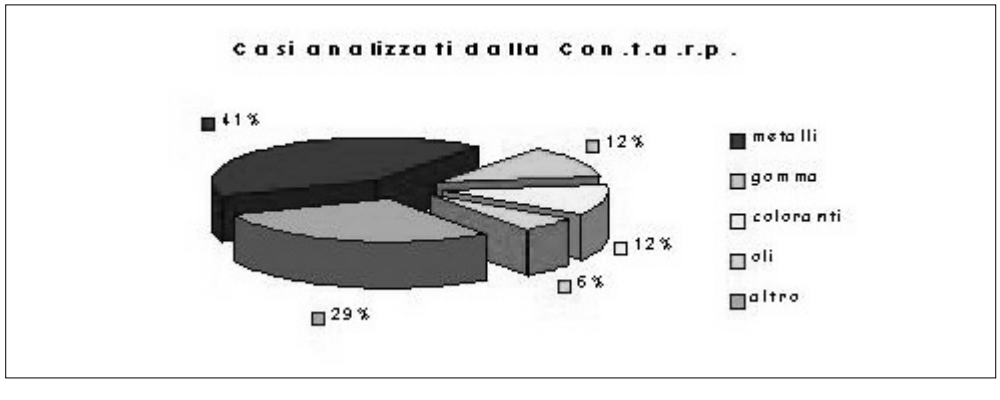


Figura 11

Anche la distribuzione nelle province dei casi dovuti a metalli, rispetto alla totalità dei casi osservati, rispecchia la tendenza della regione, ovvero i metalli rappresentano in ogni caso la fonte principale di sensibilizzazione cutanea. Tra le singole provincie, Arezzo e Pisa sono quelle in cui è più marcata questa osservazione.(fig. 12)

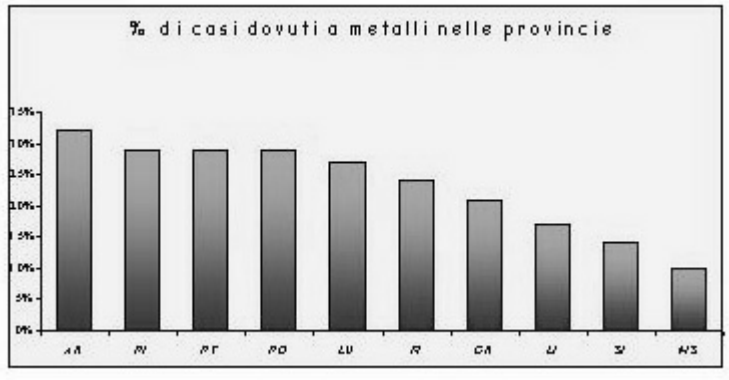


Figura 12

Cromo - Il cromo metallico non ha potere allergizzante, sono i suoi sali (cromati, bicromati - ovvero derivati esavalenti - e cromiti - derivati trivalenti -) a provocare reazioni allergiche. I derivati esavalenti, che penetrano più facilmente attraverso le membrane cellulari , vengono trasformati in trivalenti all'interno della cute, e in questa forma costituiscono l'aptene vero e proprio. Anche quantità piccolissime dei sali di cromo esavalente possono scatenare la reazione allergica: è stato valutato per il CR VI un valore di 0.089 ugr/cm^2 come MET (Minimum Elicitation Threshold, ovvero la soglia minima per la sensibilizzazione, espressa in quantità di allergene/cm^2 di pelle) in grado di indurre risposta allergica. Per Cr III il valore è decisamente più elevato (33 ugr/cm^2).
Per quanto riguarda le fonti di esposizione, è noto che i sali di cromo sono ubiquitari. Dalla nostra indagine emerge che l'esposizione a tali allergeni avviene (fig. 13) quasi per il 60% dei casi in edilizia, in particolare in aziende afferenti alle voci di tariffa 3110 e 3140; si tratta, quindi, di soggetti impiegati nella realizzazione di opere in cemento armato e muratura e nel completamento e rifinizione degli edifici.
Il cromo è infatti contenuto come impurità nel cemento, che risulta la principale sorgente di sensibilizzazione a questo metallo.

Dalla figura sottostante si osserva che un certo numero di casi si è verificato anche nelle aziende di produzione di manufatti per l'edilizia, per cui questo rafforza il dato riguardante la vasta categoria degli addetti al settore edile.

Figura 13

La distribuzione nelle provincie rispecchia questo dato, infatti si osserva che tra le allergie al cromo denunciate nelle singole province toscane, più della metà sono state riscontate in edilizia, ad eccezione della sola provincia di Pisa, in cui, invece, è il settore conciario che ha fatto rilevare ben il 62% dei casi di sensibilizzazione da cromo (fig. 14). Per tale settore, solo le province di Pisa e Firenze hanno registrato casi di dermatite.

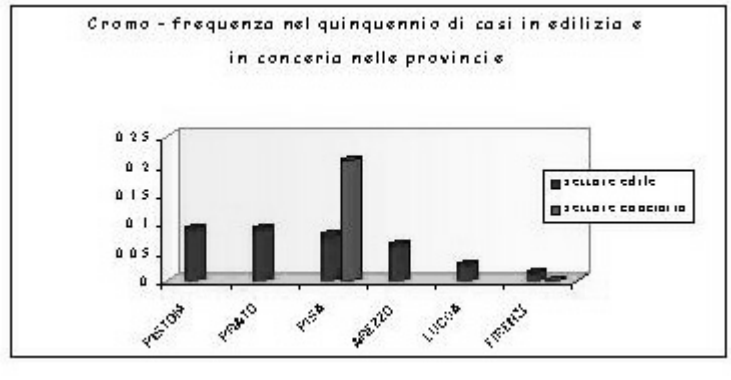


Figura 14

Se consideriamo il dato a livello regionale, la percentuale dei casi di dermatite da cromo riscontrati nel settore della concia, preparazione, trattamento e rifinitura delle pelli (aziende delle voce di tariffa 2310) è comunque piuttosto elevato (23%).

Nella concia delle pelli, infatti, molto diffusa oggi è la concia al cromo: questo ha elevata affinità per il collagene dello strato sottocutaneo, e vi si lega in maniera irreversibile. Vengono utilizzati sali di cromo, in particolare i sali del Cr esavalente (solfato basico di cromo, soprattutto), dal momento che hanno una penetrazione sulla pelle più uniforme e perché danno al prodotto una maggiore resistenza al calore. Si utilizzano generalmente dei preparati che hanno un contenuto di sale variabile tra il 13 ed il 25% di cromo a seconda dello stato in cui sono venduti (liquidi, pasta o polvere) ed il contenuto finale in cromo delle pelli conciate è di circa il 3% sotto forma di Cr_2O_3. Anche il cuoio riconciato al tannino contiene una percentuale di ossido di cromo pari al 2.5%.
Altri settori lavorativi che sono stati evidenziati da questo studio sono quello tessile e all'interno dei servizi, i parrucchieri. La percentuale con cui compaiono questi settori, comunque è molto bassa. In altri settori i casi riscontrati sono da considerarsi sporadici.

Nichel - Il nichel ha potere allergizzante sia di per sè che tramite i suoi sali. Viene utilizzato nei processi di galvanizzazione (nichelatura), nei coloranti per vernici (in particolare vernici a smalto ossido di nichel, di colore verde), come catalizzatore nell'industria della plastica, in varie leghe e può anche essere presente negli oli da taglio dell'industria metallurgica. Può essere contenuto anche nei detergenti, ma qui la sua concentrazione è comunque molto bassa e non pare in grado di scatenare reazioni allergiche.
Dato il suo utilizzo estremamente diffuso nei più diversi settori, le manifestazioni allergiche che si osservano sono le più disparate ma spesso sono facilmente riconducibili all'attività extralavorativa in quanto è molto probabile un contatto quotidiano con oggetti d'uso comune (bigiotteria, utensili svariati, monete, ecc...) Infatti è elevato il grado di sensibilizzazione a tale metallo anche nella popolazione generale: 10% per le femmine e 3% per i maschi.
Tuttavia anche sul luogo di lavoro è stata riscontrata una certa frequenza di tali manifestazioni: 31 casi dei 137 dovuti ai metalli. La distribuzione nelle singole attività lavorative è molto eterogenea, e rispecchia appunto la diffusione così vasta di questo metallo.
Solo per la v.t. 0211 si può rilevare una percentuale di casi più elevata rispetto alle altre: si tratta di operatori del settore sanitario. Anche nel settore tessile è stata riscontrata dalla nostra indagine una certa frequenza, i diverse fasi del ciclo lavorativo delle aziende (filatura, tessitura, confezione).

Materie plastiche - Rientra in questa categoria una vasta gamma di prodotti utilizzati nell'industria: colle, resine, latice, gomma sintetica.
Dalla nostra indagine è emerso che i casi dovuti a materie plastiche sono stati in tutto 73, di cui la maggior parte (18) imputabili a resine sintetiche, 13 a collanti e 8 al latice. Tra questi è da notare che i casi di allergia al latice si sono verificati tutti tra il personale ospedaliero, dei 13 casi dovuti a collanti 8 sono del settore tessile, mentre per quel che riguarda i casi da resine non si può dare una valutazione dal punto di vista del settore lavorativo in quanto si tratta di settori molto eterogenei.

La provincia con frequenza maggiore è ancora una volta Pisa, seguita da Firenze (fig. 15);

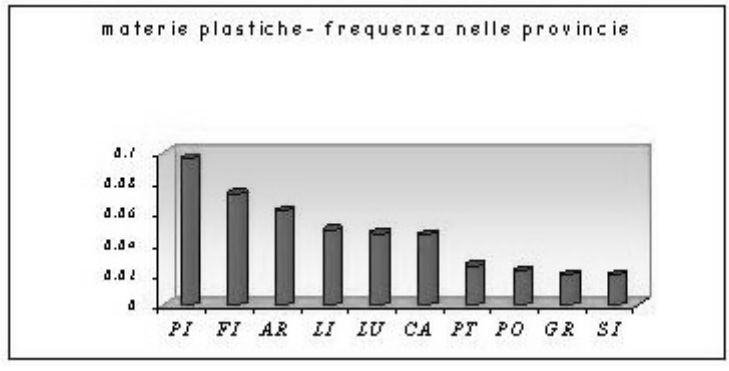


Figura 15

Da notare che più del 50% dei casi di Pisa si sono verificati all'interno di ditte appartenenti alla v.t. 6411, quindi ditte che si occupano di costruzione di autoveicoli. Al contrario nella provincia di Firenze la maggior parte dei casi è della v.t. 0211.

Oli minerali - Dei 61 casi riscontrati 46 sono nel grande gruppo 6. All'interno di questi 10 sono alla voce di tariffa 6411 e 8 di questi sono a Pisa. Pisa anche in questo caso detiene il primato della frequenza complessiva nei quattro anni. Livorno risulta essere la seconda provincia per dermatiti da oli minerali.

Agricoltura

Il numero di casi denunciati nel settore agricolo è esiguo: 14 casi in totale in 5 anni in tutta la regione. Questo è in accordo con quanto emerso in precedenza da studi simili dedicati interamente al settore agricolo, nonostante parrebbe evidente un'esposizione potenziale elevata di questi lavoratori a numerosi fattori allergizzanti.
Tra i casi denunciati, comunque, si osserva che 5 sono nella provincia di Lucca, 3 Pistoia e 2 Arezzo.
L'agente allergizzante più frequentemente riscontrato è dato da anticrittogamici e fitofarmaci (3 casi), mentre i restanti casi sono dovuti ad agenti svariati.
Alcuni antiparassitari si comportano come irritanti diretti (es. gli organostannici); a volte sono le impurità presenti nella miscela o le sostanze solubilizzanti del principio attivo a causare l'allergia. In letteratura sono stati osservati casi in esposti a tioftalimidi (es. Folpet e Captan), e soprattutto al solfato di rame, che è di fatto il più comune allergizzante.

2. Malattie dell'apparato respiratorio

Il numero dei casi di allergie respiratorie riscontrate nei cinque anni nell'intera regione Toscana è sensibilmente inferiore a quello delle dermatiti. Si tratta, infatti, di **499** casi, e il numero assoluto per ogni anno è in leggero calo, così come riscontrato anche per le dermatiti (fig. 16)

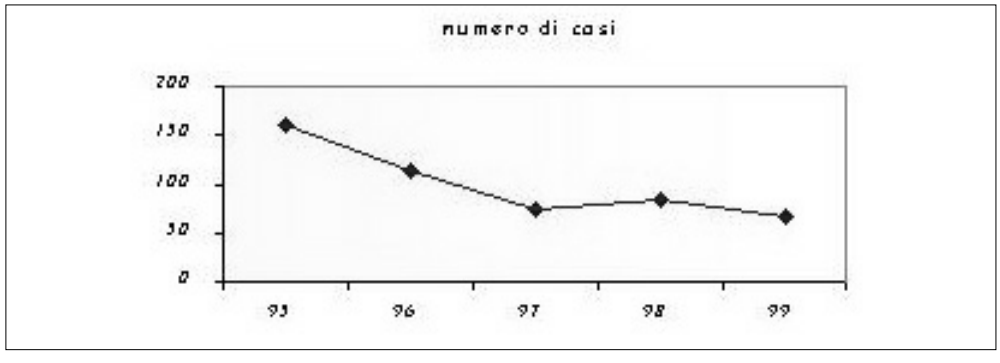


Figura 16

Pertanto, anche la frequenza relativa ha andamento decrescente (fig. 17) mentre nell'ultimo anno di cui è possibile conoscere il dato, si nota che il numero dei casi denunciati è pressochè costante:

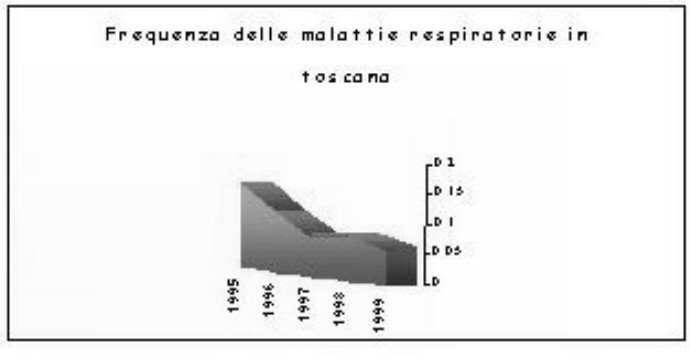


Figura 17

All'interno di ciascun gruppo di tariffa la distribuzione dei casi appare così ripartita (fig. 18): GG 6 rappresenta il settore nel quale si sono verificati maggiormente i casi di allergopatia respirato-

ria, seguito dal GG 3 e GG 1. Si nota, comunque, che per un numero elevato di casi, che rappresenta ben il 38%, non è stato possibile risalire alla v.t. dell'azienda nella quale si sono verificati.

Figura 18

Si osserva, inoltre, che , contrariamente a quanto è risultato per le dermatiti, i casi di allergopatia respiratoria nel settore agricolo (gestione 370) costituiscono una percentuale non del tutto trascurabile (5%).
La frequenza dei casi nelle diverse attività lavorative è illustrata dalla figura 19

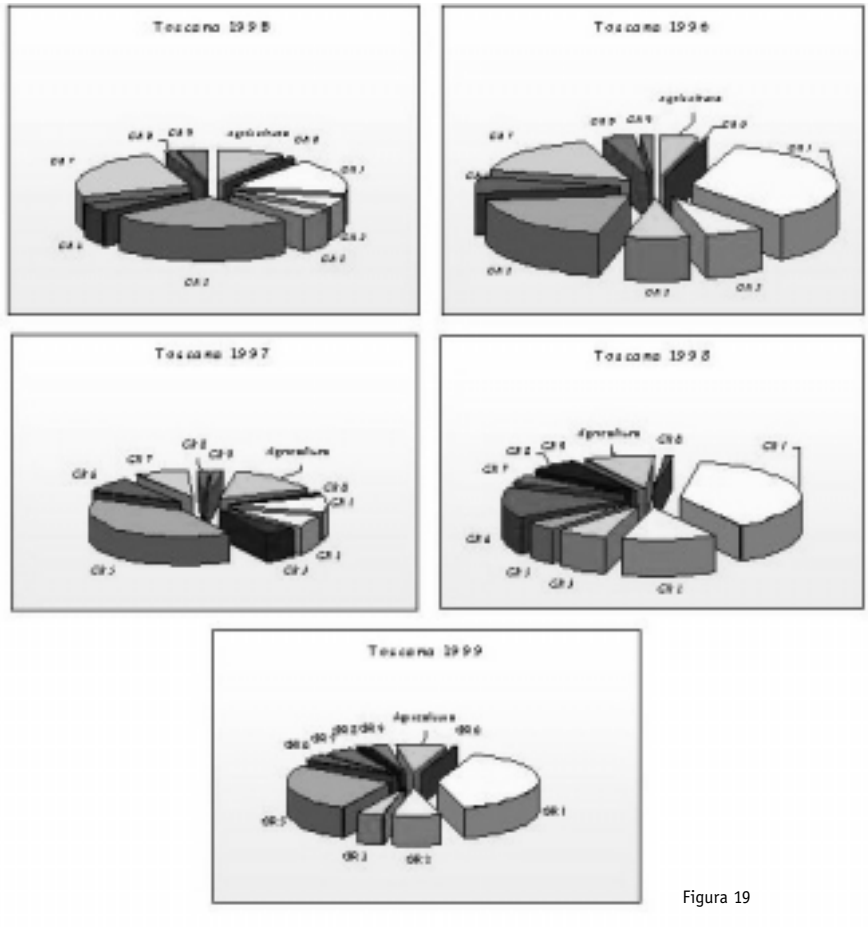


Figura 19

I gg che hanno fato registrare una frequenza maggiore in tutti gli anni sono GG 5 (lavorazioni del legno) e GG 1 (lavorazioni agricole, di tipo industriale, allevamenti di animali e alimenti).
Il GG 5 , inoltre, mostra un andamento decrescente in frequenza negli anni, in particolare nel 1998, in cui si osserva, una drastica diminuzione dei casi. La frequenza dei casi di allergopatia respiratoria è in diminuzione anche all'interno dei GG 7 e 9, mentre l'unico settore in cui si osserva una leggera tendenza verso l'alto è quello metallurgico (GG 6).
Analizzando le voci di tariffa maggiormente rappresentate all'interno dei singoli gruppi (tab 1) si evidenzia che all'interno del GG 1 più del 50% sono stati denunciati da ditte classificate alla v.t. 1444, quindi si tratta di panificatori, e il 24% provengono dalla v.t. 1462 (dolciaria): si tratta, pertanto praticamente della stessa tipologia di lavorazione (lavorazione di farine).
Altre interessanti osservazioni riguardano il GG 2, nel quale il 42% dei casi proviene dal settore della concia delle pelli. Il gruppo 3 è rappresentato quasi esclusivamente da casi provenienti dalle costruzioni edili (v.t.3110). Il GG 4 ha fatto registrare 2 soli casi nell'arco dei 5 anni.
Le lavorazioni del legno (GG 5) che maggiormente hanno esposto a rischio allergico sono risultate la finitura di manufatti in legno (che comprende anche la verniciatura) v.t. 5240 e le lavorazioni artigianali di falegnameria v.t. 5250.
La v.t. 7321 (segagione materiali lapidei) costituisce da sola la maggior parte dei casi del GG 7

Tabella 1

	Voce di tariffa			Voce di tariffa	
GG 0	0211	42%	GG 6	6215	19%
	0830	22%		6211	12%
	0843	13%		6413	10%
GG 1	1444	56%		6221	8%
	1462	24%		6212	5%
	1443	12%	GG 7	7321	56%
GG 2	2310	42%		7162	12%
	2197	19%	GG 8	8122	21%
	2330	11%		8140	16%
GG 3	3110	71%		8220	15%
	3140	5%	GG 9	9122	27%
	3310	5%		9310	27%
GG5	5211	33%			
	5250	23%			
	5240	16%			
	5221	11%			

La distribuzione nelle province evidenzia che Grosseto è la provincia con maggiore frequenza di casi (fig. 20) in assoluto nei 5 anni.

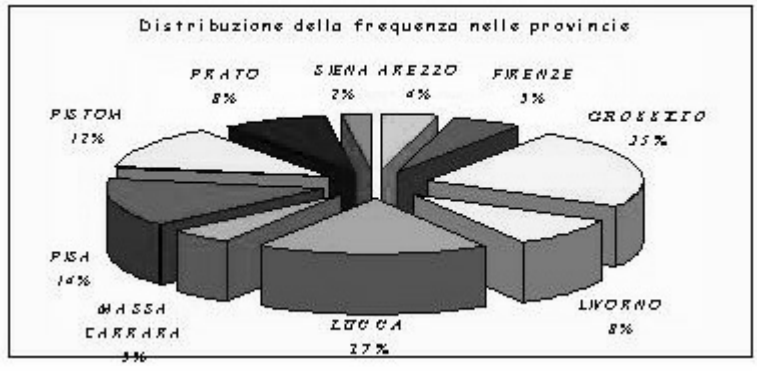


Figura 20

Sempre per quanto riguarda le province maggiormente interessate, si evidenzia che nel GG 2 di tutti i casi denunciati alla v.t. 2310, più del 60% sono della provincia di Pisa. Altro dato interessante è che i casi della v.t. 7321 sono stati riscontrati quasi esclusivamente nella provincia di Lucca.

Agente materiale

Come era prevedibile, visti i dati di letteratura, l'agente più frequentemente riscontrato come causa della patologia in oggetto di studio è risultata la farina di cereali. (Fig. 21).

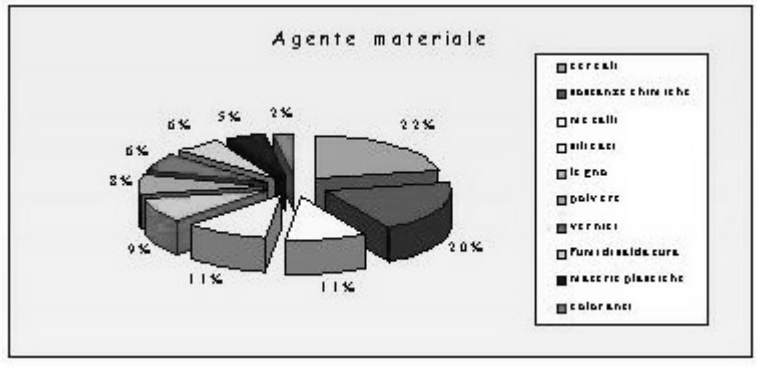


Figura 21

I cereali che risultano maggiormente allergogeni sono il frumento (tutte le parti del chicco contengono frazioni proteiche dotate di potere allergizzante) e in minor misura la segale (che sembra contenere un solo allergene proteico). Altri cereali quali avena, mais, orzo, non hanno un evidente potere allergizzante. Le polveri di cereali possono essere allergizzanti anche per la presenza di acari e parassiti contaminanti, oppure per la presenza di endotossine di batteri gram negativi nella polvere di granaglie.
Da non sottovalutare la presenza imponente di sostanze chimiche varie al secondo posto, cosa che può essere correlata con la elevata frequenza di casi riscontati nelle lavorazioni del legno. I metalli sono rappresentati in misura molto minore rispetto alle dermatiti, e comunque, all'interno di questi, il cromo è sempre il metallo che più frequentemente è causa di allergie. (61%dei casi).

Conclusioni

Da questa ricerca retrospettiva emerge chiaramente che per la Regione Toscana le patologie di natura allergica vengono denunciate come malattie professionali molto raramente. Soprattutto nel settore agricolo, dove invece è molto frequente il contatto con aeroallergeni in addetti alle lavorazioni agricole, ovvero il contatto con sostanze chimiche utilizzate per la fertilizzazione del terreno o come antiparassitari, il dato in possesso dell'INAIL evidenzia una scarsissima frequenza di denunce in questo senso.
Addirittura si osserva, a fronte di un notevolissimo aumento di casi osservati nella popolazione generale, un lieve calo delle denunce di m.p. all'INAIL.
Ci si propone, quindi, di approfondire lo studio nei settori risultati maggiormente coinvolti in questo tipo di patologie, mediante una più puntuale osservazione dei casi ed individuazione delle relative fonti di esposizione professionali.

BIBLIOGRAFIA

Previdi et al.: "Allergopatie respiratorie professionali: monitoraggio ambientale, aeroallergeni, prevenzione.", Med. Lav 1998.

A. Macioce: "Infortuni e malattie professionali in Toscana e nella provincia di Pisa". Convegno: "La sicurezza del lavoro in agricoltura e prevenzione delle malattie professionali" Pisa, 10/04/2000.

Nethercott et al.: "A study of cromium induced allergic contact dermatitis with 54 volunters: implications for environmental risk assessment" , Occ. Envir. Med.,1994.

Ambrosi, Foà: "Trattato di medicina del lavoro", 1998.

"Lavoro e salute in agricoltura" - Convegno Nazionale - Punta Ala, ottobre 1993.

L'ANDAMENTO INFORTUNISTICO NELL'ATTIVITA' ESTRATTIVA A CIELO APERTO IN ITALIA

G. Castellet y Ballarà, S. Severi*, R. Piccioni**
* INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Lo studio effettuato nasce dalla volontà di indagare circa il rischio infortunistico nelle attività estrattive eseguite a cielo aperto in Italia. A tal fine sono stati analizzati i dati statistici della Banca dati INAIL degli anni 1996-1997-1998 associati alle voci della tariffa dei premi INAIL 7121, 7151, 7152, 7161, 7162 (D.M. 18/6/1988). Gli eventi di infortunio indennizzati ammontano ad un totale di 5226 casi nei tre anni, a fronte di 140 rendite riconosciute per le seguenti malattie professionali:

- Pneumoconiosi da polveri di silicati
- Pneumoconiosi da polveri di calcari e dolomie
- Ipoacusia
- Malattie osteoarticolari e angioneurotiche causate da vibrazioni meccaniche
- Silicosi
- Asbestosi.

L'analisi degli indici di rischio (indice di incidenza) è stata condotta a livello regionale ed è stato dunque possibile elaborare una mappa territoriale del fenomeno.
Lo studio sulle modalità di accadimento degli infortuni (agente materiale, forma di accadimento, sede e natura della lesione) ha permesso l'identificazione degli accadimenti più frequenti nell'ambito delle attività di estrazione a cielo aperto.

Introduzione

L'attività estrattiva in Italia è solo da alcuni anni oggetto di mirate iniziative legislative concernenti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sui luoghi di lavoro (D. L.vo 624/96, in attuazione della direttiva 92/91/CEE). [1]
In questo lavoro vengono presentati i risultati ottenuti dall'elaborazione statistica dei dati INAIL relativi all'andamento degli infortuni e delle malattie professionali, a livello nazionale, per il triennio 1996-98, avvenuti nell'attività estrattiva di cava e miniera a cielo aperto ([1]) così come classificata alle voci della tariffa dei premi INAIL (D.M. 18/6/1988) (Tabella 1).
Tale comparto produttivo è costituito da un numero medio di addetti, per il triennio in esame, di circa 21000 unità operanti in poco più di 4000 aziende.
L'analisi è stata condotta distinguendo gli infortuni per tipo di conseguenza (temporanea, per-

1 Appartengono alle miniere "la ricerca e la coltivazione di minerali metalliferi, di minerali di arsenico e di solfo, di grafite, di combustibili solidi, liquidi e gassosi, di rocce asfaltiche e bituminose, di fosfati, di sali alcalini semplici e complessi e loro associati, di caolino, di bauxite, di magnesite, di fluorina, di talco, di asbesto, di marna da cemento, di sostanze radioattive; la ricerca e la utilizzazione delle acque minerarie e termali, dei vapori, dei gas e delle energie del sottosuolo suscettive di uso industriale"; appartengono alle cave "la coltivazione di materiali per costruzioni edilizie, stradali ed idrauliche, non compresi nella prima categoria; la coltivazione delle torbe" [2].

manente e mortale) e le malattie professionali che più frequentemente sono associate allo specifico comparto produttivo (Tabella 2).

Tabella 1

Voci della tariffa dei premi INAIL (D.M. 18/6/1988) relative all'estrazione a cielo aperto.

Voce	
7121	Coltivazioni eseguite a cielo aperto.
7151	Cave di rocce disaggregate (sabbie, ghiaie, ciottolami, farine fossili e simili, pozzolane ed altri sedimenti vulcanici incoerenti).
7152	Cave e miniere di argilla e caolini.
7161	Cave di rocce compatte, miniere di marna da cemento e di pietre litografiche (escluse le cave coltivate con i metodi previsti alla voce 7162).
7162	Cave di rocce compatte coltivate con impianti di filo elicoidale, macchine tagliatrici o metodi affini (compreso l'impiego di esplosivi effettuato solo in funzione dei metodi di coltivazione specificati).

Malattie professionali

Nel triennio 1996-1998 sono stati indennizzati 140 casi di malattie professionali come da Tabella 2.

Tabella 2

Malattie professionali tabellate associate con l'attività estrattiva a cielo aperto.

	MALATTIE PROFESSIONALI
M.P.	
43	Pneumoconiosi da polveri di silicati
44	Pneumoconiosi da polveri di calcari e dolomie
50	Ipoacusia
52	Malattie osteoarticolari e angioneurotiche causate da vibrazioni meccaniche
90	Silicosi
91	Asbestosi

Per quanto riguarda l'analisi dei dati relativi alle denunce indennizzate nel triennio 1996-1998, si può notare un netto accentramento dei casi nelle attività estrattive di rocce compatte (voci 7161 e 7162) (Figura 1).

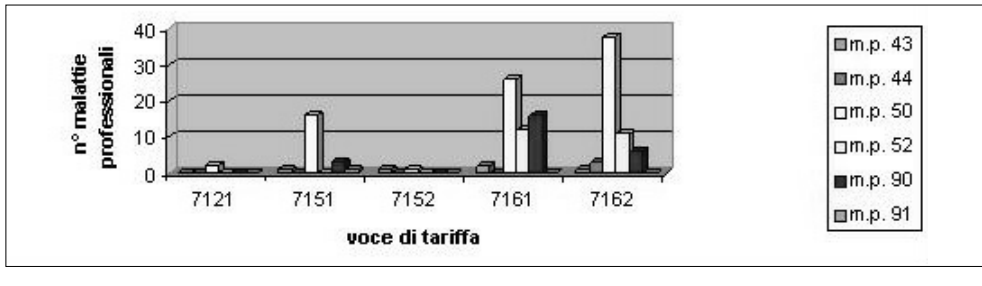


Figura 1: Malattie Professionali indennizzate nel settore estrazione a cielo aperto - Triennio 1996-1998 (aggiornamento al 30/9/1999)

In generale, comunque, su un totale di 140, i casi di silicosi rappresentano il 18%, quelli di ipoacusia il 59%, mentre le patologie causate dalle vibrazioni meccaniche sono presenti solo nelle voci 7161 e 7162 (16%); molto ridotte o pressoché assenti, le pneumoconiosi da calcari e silicati (circa il 6%) e l'asbestosi (meno dell'1%) (Figura 1).
Come, inoltre, si può notare nella figura 2, le denunce di malattia professionale mostrano, nel triennio analizzato, un andamento chiaramente decrescente; ciò appare in accordo anche con quanto risulta nel Primo Rapporto Annuale dell'Inail [3] circa le patologie di origine professionale.

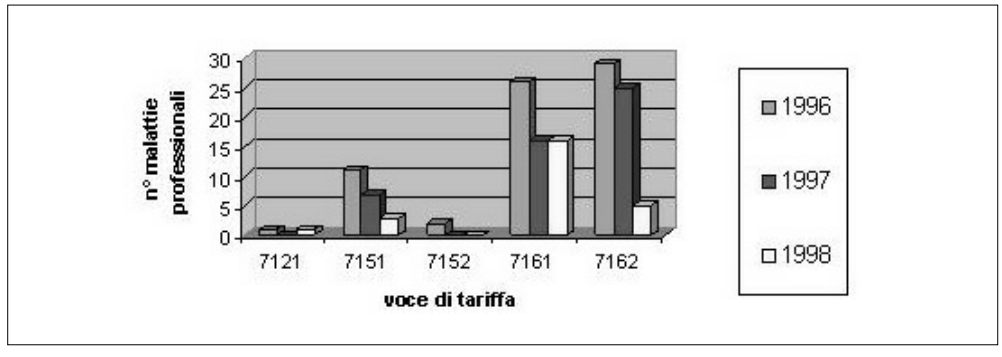


Figura 2: Malattie Professionali indennizzate nel settore estrazione a cielo aperto - Triennio 1996-1998.

Infortuni

Nel triennio 1996-98 sono stati denunciati 5226 casi di infortunio accaduti nell'attività estrattiva a cielo aperto di cui i mortali rappresentano circa l'1% (Tabella 3);

Tabella 3

Infortuni accaduti nell'attività estrattiva a cielo aperto.

Ripartizione infortuni per tipo di conseguenza (1996-98)				
	Temporanea	Permanente	Morte	Totale
1996	1655	148	13	1816
1997	1598	142	21	1761
1998	1493	138	18	1649
Totale	4746 *(91%)*	428 *(8%)*	52 *(1%)*	5226

L'andamento infortunistico per le voci considerate si ricava dalle figure 3 e 4 che mostrano una distribuzione niente affatto omogenea dei casi avvenuti. E' interessante notare il minimo contributo che l'attività di "*estrazione in cave e miniere di argilla e caolini*" (voce 7152) porta al

fenomeno infortunistico in termini di valori assoluti, con l'assenza di casi mortali e una percentuale di quelli invece definiti in temporanea e permanente inferiore al 2%, sul totale nei tre anni.

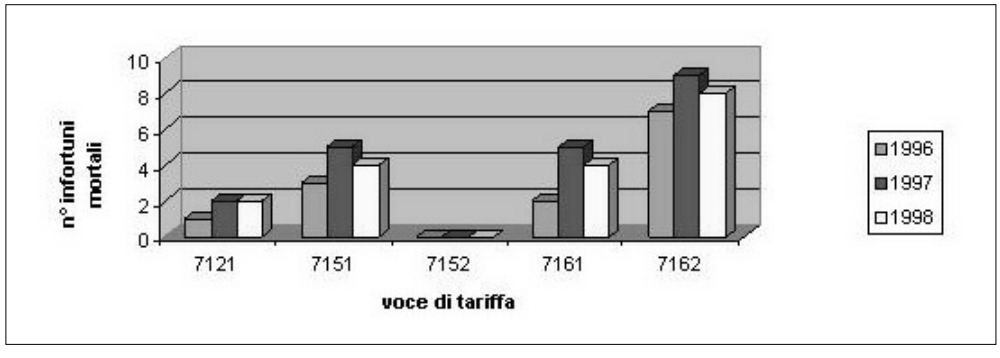


Figura 3: Infortuni mortali settore estrazione a cielo aperto - Triennio 1996 - 1998

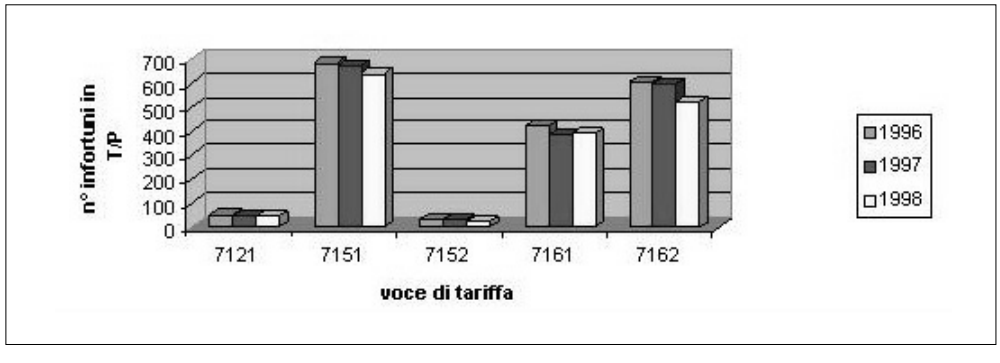


Figura 4: Infortuni definiti in temporanea e permanente nel settore estrazione a cielo aperto triennio 1996-1998

Indici di rischio

L'analisi e la valutazione dell'impatto che il fenomeno infortunistico ha sulla coorte dei lavoratori addetti all'attività di estrazione a cielo aperto sono state effettuate attraverso l'elaborazione dell'indice di incidenza [3]. Tale indice rappresenta il rapporto tra il totale dei casi avvenuti e indennizzati in ciascun anno e il numero degli addetti per mille.

Da un confronto con le attività economiche a più alto valore di indice di incidenza (industria del legno, industria dei metalli, costruzioni, industria di trasformazione) si evidenzia come l'attività di estrazione a cielo aperto presenta il valore di indice di rischio più elevato (Figura 5).

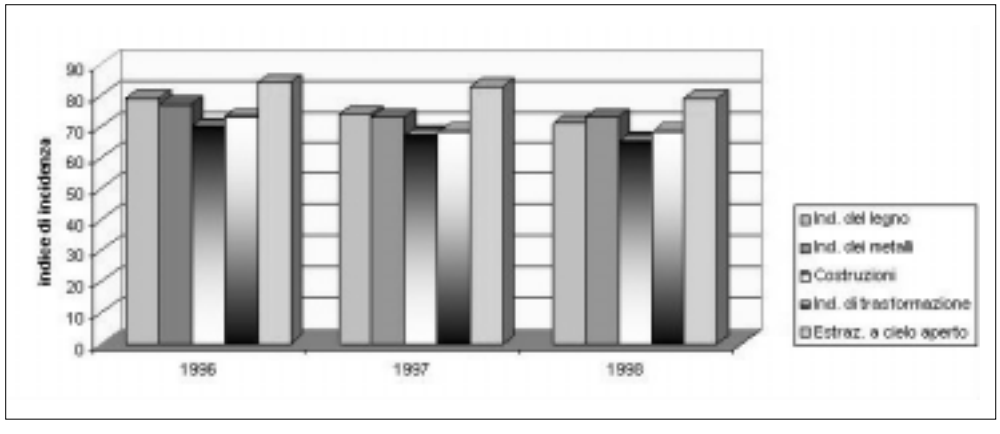


Figura 5: Confronto con i settori di attività economica con il più alto indice di incidenza - Triennio 1996-1998.

Se dall'analisi dei valori assoluti si rileva una partecipazione diversificata delle cinque voci di tariffa al fenomeno, la disamina dei valori di indice di incidenza ottenuti in questo studio mette in risalto una distribuzione più omogenea nelle diverse voci di attività estrattiva. Così anche per quelle voci (7121 e 7152) che, in termini assoluti, mostrano un numero di casi molto inferiore alle altre tre voci, si riscontra un valore dell'indice di rischio allineato con quello medio (Figura 6).

La distribuzione del fenomeno infortunistico per l'attività di estrazione a cielo aperto sul terri-

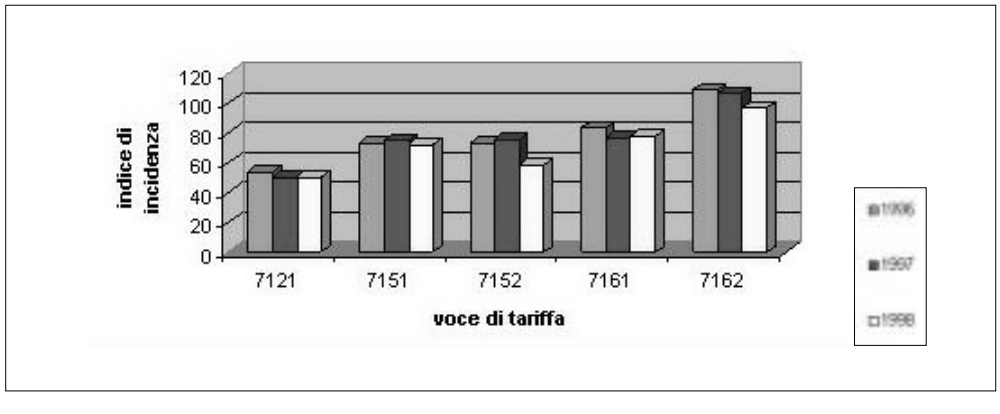


Figura 6: Indice di incidenza per 1000 addetti nel settore estrazione a cielo aperto - Triennio 1996-1998

torio italiano è stata sintetizzata con l'elaborazione della figura 7.

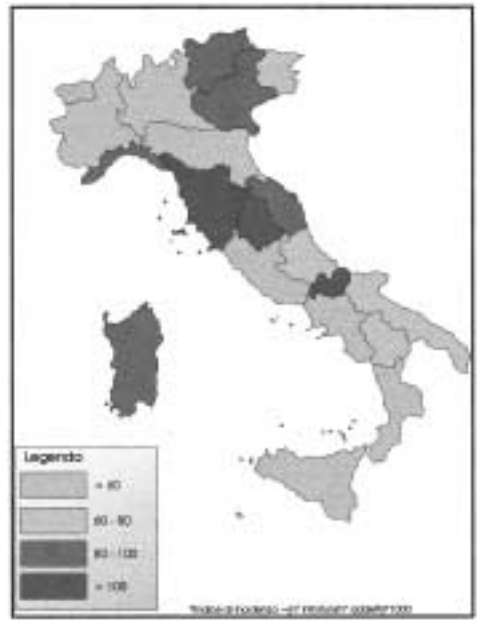


Figura 7: Indice di incidenza (*) nel settore estrazione a cielo aperto - Triennio 1996-1998

Le classi di indice riscontrate evidenziano aree a rischio più elevato, ovvero con valori annui medi superiori a 100 infortuni per mille addetti (Toscana, Umbria e Molise) e altre a rischio più basso, ovvero con valori annui medi inferiori a 60 infortuni per mille addetti (Valle d'Aosta, Lazio, Campania, Calabria e Sicilia).

Modalità di accadimento

Al fine di ricavare indicazioni di carattere prevenzionale, lo studio degli infortuni è stato condotto analizzandone le modalità di accadimento (agente materiale, forma di accadimento, sede e natura della lesione).
L'elaborazione è stata effettuata su tutti i 5226 casi registrati nella Banca Dati INAIL e suddivisi per le voci di tariffa in studio.

Agente materiale
Per agente materiale si intende l'elemento che, venendo a contatto con la vittima, le provoca la lesione [4].
La distribuzione dell'agente materiale è articolata in nove Grandi Gruppi a loro volta ripartiti in 55 Gruppi.
L'analisi è stata condotta accorpando le cinque voci di tariffa in studio in tre tipologie di attività estrattiva, essenzialmente a seconda del grado di compattezza di roccia coltivata.
Assumendo per assimilabili, in termini infortunistici, i cicli tecnologici caratteristici di estrazio-

ni di materiale lapideo compatto piuttosto che disaggregato.
I dati relativi alla voce 7121 "miniere e torbiere a cielo aperto" sono stati analizzati separatamente in quanto l'identificazione del grado di aggregazione della roccia coltivata non è indicata nella voce.
I risultati dell'elaborazione sono sinteticamente esposti nei grafici di figura 8.

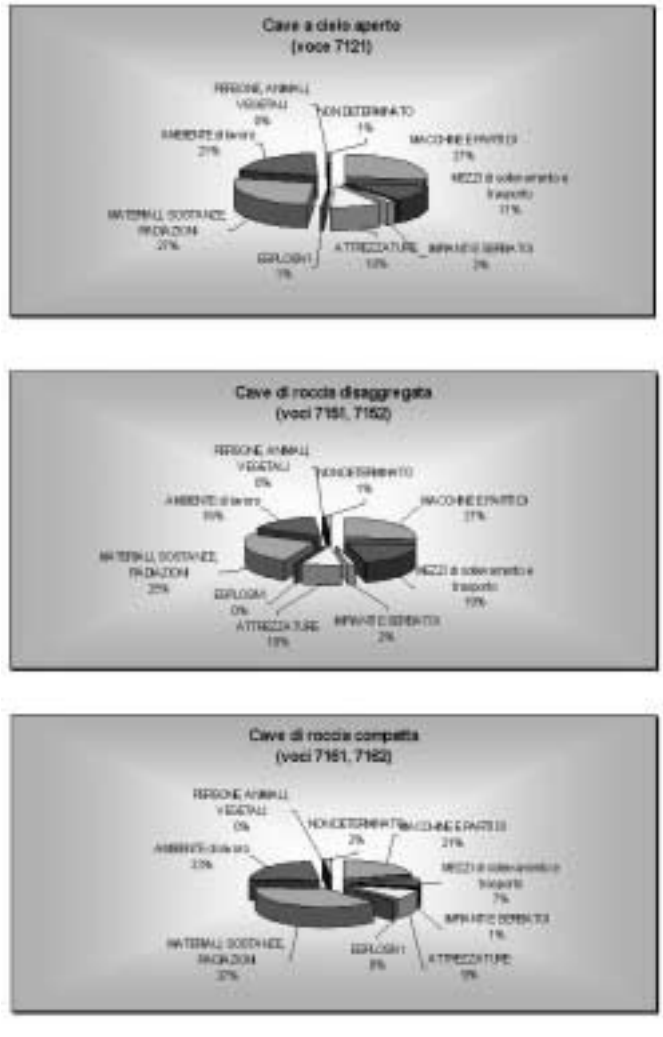


Figura 8: Agente della lesione nei casi di infortunio avvenuti nell'attività estrattiva a cielo aperto nel Triennio 1996-1998

I valori percentuali, relativi al triennio in studio, mostrano, tra gli agenti più significativamente coinvolti negli eventi lesivi, i "materiali, sostanze e radiazioni" (25-37%), le "macchine e parti di macchine" (21-27%), l'"ambiente di lavoro" (16-23%), i "mezzi di sollevamento e trasporto" (7-19%).

Forma di accadimento

La forma di accadimento identifica, sostanzialmente, il tipo di contatto avvenuto tra la vittima e l'agente materiale. Le forme inserite nel nella Banca Dati dell'INAIL sono 28 e sono raggruppabili in 5 aree. Possono essere definite di forma: attiva, passiva, ambientale, per caduta e per incidente [4]. I dati ottenuti attraverso l'analisi, riportati nella tabella 4, si riferiscono ai valori percentuali medi calcolati per ogni anno su tutte e cinque le voci di tariffa analizzate. Dall'osservazione dei dati risulta che solo un numero limitato di forme raggiunge percentuali superiori al 5%; tra le più importanti: "colpito da" (26%), "ha urtato contro" (12%), "ha messo un piede in fallo" (11%), "caduto in piano su" (11%), "caduto dall'alto di" (10%),"si è colpito con" (9%), "schiacciato da" (6%).

Tabella 4

Distribuzione percentuale per forma di accadimento degli infortuni avvenuti nel triennio 1996-1998 nell'attività estrattiva a cielo aperto (voci di tariffa 7121, 7151, 7152, 7161, 7162)

		1996	1997	1998	media
Attiva	a contatto con	1.44	1.13	2.05	1.54
	ha calpestato	0.00	0.17	0.18	0.12
	si è colpito con	9.19	9.44	8.67	**9.10**
	ha ingerito	0.06	0.06	0.00	0.04
	si è punto con	0.06	0.17	0.00	0.07
	sollevando, spostando (senza sforzo)	3.10	2.32	2.77	2.73
	ha urtato contro	12.78	11.69	11.02	**11.83**
	ha messo un piede in fallo	9.24	12.15	11.14	**10.84**
	ha compiuto un movimento incoordinato	1.77	1.41	2.11	1.76
	impigliato a, agganciato a	0.94	0.62	0.72	0.76
	sollevando, spostando, ecc. (sforzo)	2.32	2.20	2.71	2.41
Passiva	afferrato da	0.06	0.06	0.06	0.06
	colpito da	27.78	25.42	24.74	**25.98**
	investito da	0.39	0.40	0.84	0.54
	morso da	0.00	0.06	0.00	0.02
	punto da	0.06	0.06	0.00	0.04
	schiacciato da	5.15	5.25	6.86	**5.75**
	sommerso da	0.00	0.06	0.06	0.04
	urtato da	0.22	0.11	0.18	0.17
	travolto da	0.06	0.06	0.12	0.08
	rimasto stretto tra (incastrato)	2.38	2.15	2.47	2.33
Ambientale	ha inalato	0.11	0.00	0.00	0.04
	esposto a	0.17	0.00	0.12	0.10
Per Caduta	**caduto dall'alto di**	9.74	9.49	9.39	**9.54**
	caduto in piano su	10.57	11.13	10.11	**10.60**
	caduto in profondità	0.22	0.17	0.06	0.15
Per Incidente	incidente a bordo di	0.17	1.07	0.66	0.63
	incidente alla guida di	1.99	3.11	2.77	2.62
	indeterminato	0.06	0.06	0.18	0.10

Sede e Natura della lesione

La sede e la natura della lesione associate ad un evento infortunistico indicano, o possono indicare, le parti corporee potenzialmente più esposte a rischio e, dunque, quelle verso le quali dovrebbe concentrarsi la maggiore attenzione dell'azione di prevenzione.

L'analisi dei dati sulla natura della lesione non ha portato a identificare una tipologia di lesione prevalente o, comunque, significativa per il fine che si prefigge questo studio.

Al contrario, l'esame dei valori ottenuti circa la sede colpita (figura 9), elaborati con gli stessi criteri dell'agente materiale, conduce all'evidenza che le parti colpite risultano indipendenti dalla tipologia di attività estrattiva (su roccia disaggregata o compatta) e che, in generale, sono gli arti superiori insieme con la mano, i più esposti a rischi di infortunio (35-39%), secondariamente si annoverano gli arti inferiori insieme con il piede (25-30%) e, infine, ma non meno importante per le conseguenze che ne possono derivare, il busto la testa e, quindi, gli occhi (35-36%).

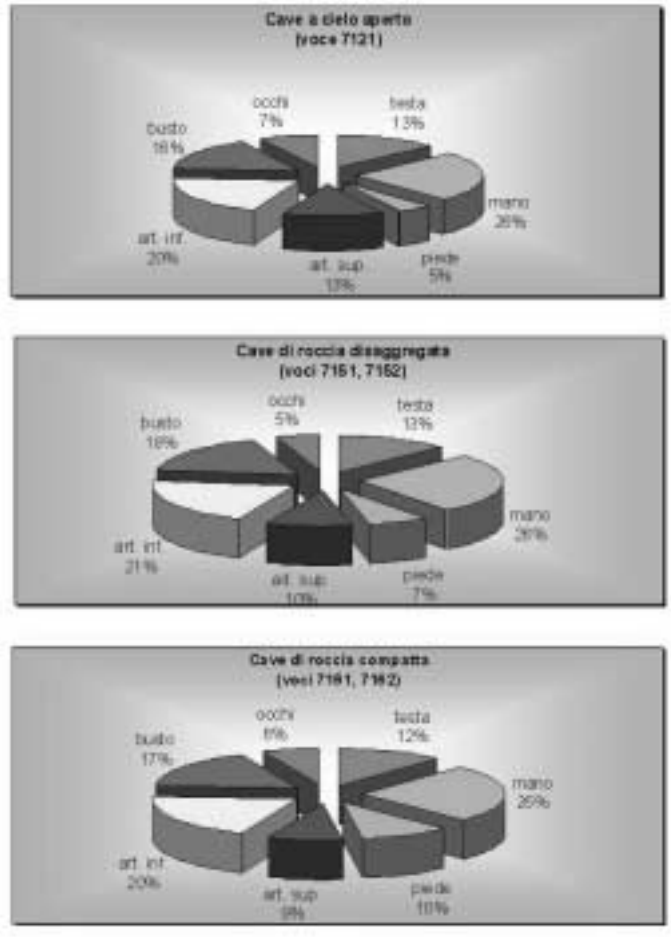


Figura 9: Sede della lesione nei casi di infortunio avvenuti nell'attività estrattiva a cielo aperto nel triennio 1996-1998.

Per meglio delineare lo scenario infortunistico è stata condotta l'analisi dell'accoppiamento tra le forme di accadimento più rappresentative e gli agenti materiali ad esse connessi.
In figura 10 viene riportata l'elaborazione di "colpito da", tra le forme di accadimento, e degli agenti materiali che vi risultano accoppiati. Come si può osservare sono i "materiali solidi" e i "frammenti" ad assumere il ruolo principale in questo tipo di infortuni, seppure nella sola voce 7151 (*Cave di rocce disaggregate*) anche gli attrezzi risultano indicativi.
Per meglio identificare l'elemento di pericolo e scendendo, quindi, ad un'analisi di maggiore dettaglio, è stata effettuata una ricerca puntuale sui soli "materiali solidi" associati a tale forma di accadimento.
L'analisi statistica dei dati estratti dalle denunce ha portato all'identificazione dell'insieme delle "pietre" (e per sinonimia, "blocco pietra", "lastra travertino", "marmo", "blocco granito", "tufo", "sasso porfido", "terra", ...) quali maggiori responsabili dell'evento lesivo (63%).
Per quanto registrato nelle denunce di infortunio sotto la voce "frammenti" non appare possibile definirne con certezza la natura o la provenienza.
E' chiaro dunque come tra gli infortuni più rappresentativi dell'attività di estrazione in cava e miniera a cielo aperto ricada l'esser "*colpito da parti o blocchi di pietra*".
Tale indicazione, seppure intuitiva, assume in questo modo valenza numerica e statistica; su di essa possono dunque svilupparsi future studi di carattere preventivo.

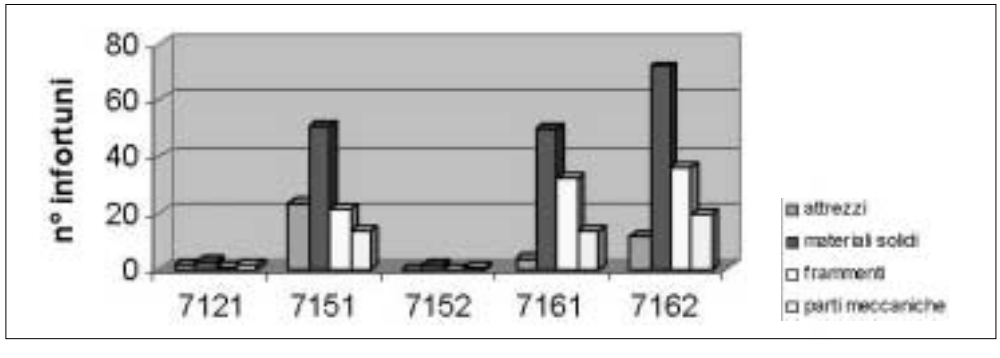


Figura 10: Infortuni avvenuti nel settore estrazione a cielo aperto per forma di accadimento (Colpito da...) e agente materiale - Anno 1998

Conclusioni

Una stima del fenomeno infortunistico nell'attività di estrazione a cielo aperto, considerata non solamente nei suoi valori assoluti (numero di infortuni avvenuti) ma anche e soprattutto in riferimento all'impatto sull'insieme dei lavoratori coinvolti (indice di incidenza), rappresenta il primo passo verso una più approfondita conoscenza del fenomeno stesso e verso la definizione di indirizzi preventivi specifici per il comparto.
Comparto che rientra, secondo quanto risulta dall'analisi effettuata, tra i più critici dal punto di vista del rischio infortunistico. Tale rischio, pur mostrando valori differenti a seconda delle singole realtà regionali, non deve mai considerarsi trascurabile ma solo presente in modo diversificato sul territorio in virtù di molti fattori, economici e sociali,.

Il contributo che lo studio delle modalità di accadimento degli eventi lesivi può portare alla definizione del rischio specifico risulta dalla identificazione dei rapporti causali tra tipo di lavorazione effettuata e infortunio occorso.
Così, ad esempio, aver riscontrato una percentuale di forme di accadimento "attive" (ovvero nelle quali il soggetto esposto gioca un ruolo attivo nella dinamica di incidente) maggiore del 40% del totale, fornisce già una stima di quanto possano limitarsi i danni solo modificando comportamenti "errati".
Analogamente l'analisi ha consentito l'identificazione degli agenti materiali che maggiormente, venendo a contatto con la vittima, ne provocano l'infortunio.
E' però dallo studio degli accoppiamenti "agente materiale-forma di accadimento" che è infine possibile estrarre gli elementi più qualificanti a fini preventivi.
Per tale ragione, lo studio effettuato non deve considerarsi quale conclusivo ma, al contrario, può definirsi l'indispensabile base di partenza per uno progetto mirato ad una vera riduzione degli infortuni di questo comparto produttivo che in Italia detiene uno dei più alti indici di rischio.

BIBLIOGRAFIA

[1] D.L.vo del 25 novembre 1996, n°624 "Attuazione della direttiva 92/91/CEE relativa alla sicurezza e salute dei lavoratori nelle industrie estrattive per trivellazione e della direttiva 92/104/CEE relativa alla sicurezza e salute dei lavoratori nelle industrie estrattive a cielo aperto o sotterranee". G.U. n°293 del 14 dicembre 1996.

[2] Regio Decreto del 29 luglio 1927, n°1443 "Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere del regno". G.U. n°194 del 23 agosto 1927.

[3] INAIL: "Primo Rapporto Annuale 1999", 2000, INAIL, Roma.

[4] INAIL: "Manuale Operativo CIDI", 1973, INAIL, Roma.

IL PROGETTO "VIRTUAL 3D": STRUMENTO DIDATTICO IN REALTA' VIRTUALE IN 3D PER LA FORMAZIONE E L'ADDESTRAMENTO SULLA PREVENZIONE E LA SICUREZZA

*F. Benedetti**
* INAIL – Direzione Centrale Prevenzione

RIASSUNTO

In relazione ai compiti affidati all'INAIL dal D. Lgs. 626/94 e successive modificazioni ed integrazioni nasce la necessità di sviluppare concetti ed idee nuove in grado di rispondere concretamente alle necessità in continua evoluzione della propria utenza in ambito prevenzionale.
Per migliorare la propria attività di formazione per la prevenzione, l'INAIL ha studiato la possibilità di incrementarne l'efficacia e l'efficienza attraverso l'innovazione dei metodi e degli strumenti didattici. Ciò è apparso realizzabile anche per mezzo di tecnologie innovative ed avanzate, come ad esempio la realtà virtuale, poste ad integrare e completare le classiche metodologie d'aula.
In particolare, la presente relazione riguarda lo studio progettuale, denominato VIRTUAL 3D, inerente la realizzazione ed utilizzazione di uno strumento didattico in realtà virtuale in 3D.
Lo studio progettuale riguarda:

- l'efficacia formativa della RV in ambito prevenzionale, in funzione anche delle caratteristiche dei possibili utenti;
- la potenzialità sul processo di apprendimento;
- l'impatto della RV dal punto di vista psicologico sui discenti;
- le caratteristiche delle simulazioni e degli ambienti virtuali;
- le possibilità e le modalità per l'utilizzo didattico all'interno di interventi formativi per la prevenzione.

L'elaborato progettuale di massima è stato completato e presentato nel dicembre 1998, mentre il progetto esecutivo, cui la presente relazione intende fare riferimento, è stato completato solo recentemente con la definizione dei percorsi formativi e l'individuazione delle componenti informatiche hardware e software necessarie.

1. Premessa

Nel corso del 1998, presso l'allora Centro Studi e Servizi per la Prevenzione, vennero avviate delle ricerche per sviluppare metodi e strumenti didattici che, basandosi sull'impiego di tecnologie innovative, potessero incrementare il grado di efficienza ed efficacia dell'attività formativa sviluppata dall'INAIL in virtù del mandato derivante dall'art. 24 del D. Lgs. 626/94 come modificato dal D.Lgs. 242/96.
Tale necessità derivava dalla consapevolezza che l'accettazione dell'importanza della formazione, soprattutto in ambito prevenzionale, da parte del mondo piccolo imprenditoriale, passava attraverso la creazione di percorsi formativi facilmente reperibili sul territorio, aventi contenuti di qualità, mirati sulle effettive necessità, in termini di linguaggio e di grado e tipo di conoscenze dei destinatari della formazione e che consentissero una capacità operativa immediatamente applicabile in azienda.

Per realizzare tali condizioni ci si è mossi, da un lato verso una sempre più attenta e mirata progettazione dei percorsi formativi, dall'altro si sono iniziati a pensare, progettare e realizzare strumenti, metodi, supporti didattici in grado di facilitare la penetrazione dei messaggi, accrescendo l'attenzione, le possibilità in termini di esercitazioni ed apprendimento pratico, ecc .
L'attività in tal senso si è sviluppata con la realizzazione di specifici supporti audiovisivi, come il video dal titolo "Il Rischianiente" da utilizzare in lezioni in tema di gestione della sicurezza, in studi di fattibilità su alcune tipologie di percorsi formativi a distanza da realizzare in videoconferenza, via internet, o con CD-ROM dedicati e supporto on-line, ed in particolare, per quanto riguarda l'argomento di che trattasi, sulla progettazione di uno strumento didattico in realtà virtuale individuato come progetto VIRTUAL 3D.
Questo progetto, come accennato, è stato avviato, da uno specifico gruppo di lavoro, di cui chi scrive fa parte, nel corso del 1998 ed ha portato alla elaborazione di un progetto di massima i cui intenti e contenuti sono stati oggetto di specifica pubblicazione (cfr. "Rivista degli Infortuni e delle Malattie Professionali" fasc. 4-5 luglio-ottobre 1999) e di una relazione al convegno nel Simposio Internazionale AISS "Formazione degli esperti in salute e sicurezza: sfide e prospettive future", tenutosi a Mainz dal 29 giugno al 2 luglio 1999.
Nel corso del 1999 e nei primi mesi del 2000 è stato quindi sviluppato, dietro specifica autorizzazione del Direttore Generale dell'INAIL, il progetto esecutivo di VIRTUAL 3D, che partendo dalle considerazioni in termini di impiego formativo a fini prevenzionali della realtà virtuale in tre dimensioni trattate nel progetto di massima, sviluppa in dettaglio i temi formativi e la strutturazione dei corsi nei quali impiegare la realtà virtuale, delinea le caratteristiche degli ambienti virtuali da riprodurre, i metodi di gestione dello strumento, le modalità di navigazione, le componenti hardware, software ed i tools di navigazione da impiegare, definendo altresì i tempi e le risorse logistiche, strumentali, umane ed economiche necessarie.
La presente relazione mira a descrivere in forma sintetica il progetto realizzato.

2. La realtà virtuale

La realtà virtuale è il termine che determina quell'interfaccia uomo- computer, che permette a chi ne fa uso di muoversi e interagire, in tempo reale, all'interno di un ambiente in 3D creato e gestito attraverso un calcolatore. Se oltre all'interattività in tempo reale si realizza il coinvolgimento di vista, udito, tatto, olfatto si può raggiungere un grado di inganno sensoriale, più o meno spinto, in virtù anche dei supporti tecnologici utilizzati, che va sotto il nome di "immersione".
In altre parole perché si possa parlare di realtà virtuale vi deve essere un ambiente virtuale (lo "scenario") prodotto dal calcolatore (il "sistema") che si materializza secondo il punto di vista dell'osservatore/utente (la "posizione") il quale può interagire con l'ambiente stesso in tempo reale ("interazione"), con i limiti ed i mezzi messi a disposizione dal "sistema", avvertendo, in maniera più o meno esclusiva, rispetto agli stimoli del mondo reale, le sensazioni sensoriali indotte dall'ambiente virtuale e dal suo modificarsi ("immersione").
Senza scendere in dettagli che chiunque fosse interessato può trovare nelle pubblicazioni riportate in bibliografia, l'uso formativo a fini professionali della realtà virtuale trova le sue applicazioni più conosciute nell'addestramento soprattutto in ambiti dove le attività reali presentano rischiosità elevata. Esempi classici ne sono il simulatore di volo, oppure il "paziente virtuale" per l'addestramento chirurgico, o ancora l'addestramento di manutentori di centrali nucleari, ecc.
Con l'evoluzione tecnologica e la riduzione dei costi per l'implementazione di sistemi hardware e software di qualità, l'uso della realtà virtuale si sta affermando anche per il normale addestramento tecnico. Ad esempio case automobilistiche e motociclistiche famose hanno sviluppato sistemi di questo tipo per l'addestramento di meccanici e manutentori, oppure nel campo

della progettazione e dell'ergonomia i sistemi virtuali consentono abbattimenti drastici dei costi della realizzazione di modelli e prototipi (interessanti applicazioni sono state recentemente sviluppate nel campo automobilistico, impiantistico, architettonico), o ancora si sta diffondendo l'utilizzo nel campo medico/diagnostico (diagnosi dei disturbi della percezione spaziale, diagnosi e cura dell'agorafobia, ecc.).
Dunque l'utilizzo a fini formativi e di addestramento della realtà virtuale sta, se pur lentamente, trovando nuove e sempre più estese applicazioni. Ciò perché la realtà virtuale appare in grado di muovere il *processo cognitivo* da quello *simbolico-ricostruttivo*, cioè quello che entra in gioco quando si apprende qualcosa attraverso un racconto, una lezione od un libro, verso quello *percettivo-motorio*, cioè il processo dell'apprendimento pratico, legato all'esperienza. Inoltre, l'esecuzione corretta di una azione nell'ambiente virtuale tende a costruire nella mente il ricordo di un successo, che, in quanto gratificante, contribuisce con il creare un nuovo modello di comportamento verso il quale fare riferimento per il futuro.
Un tale aspetto è certamente determinante in ambito prevenzionale dove è forse più importante poter modificare l'atteggiamento nei confronti del rischio che non fornire semplicemente nozioni ed informazioni.
Quindi la realtà virtuale è senza dubbio uno strumento utile per una formazione "attiva" dotata di grande efficacia, in quanto il discente può toccare con mano aspetti pratici e concreti delle più importanti situazioni di pericolo derivanti da certi tipi di lavorazioni industriali, ed efficienza, perché si punta al coinvolgimento totale del discente nell'apprendere e nell'acquisire nuove competenze ed esperienze. In questo senso VIRTUAL 3D vuole utilizzare lo strumento virtuale per la formazione in modo che i discenti possano essere facilitati nel:
- ***Sapere***: informando il soggetto con tutte le nozioni che gli sono più utili;
- ***Saper fare***: portando il soggetto ad acquisire nuove competenze ed esperienze pratiche;
- ***Saper essere***: facendo crescere la consapevolezza e la cultura del soggetto in materia di salute e sicurezza sul lavoro.

3. Il progetto virtual 3d

3.1 La didattica

3.1.1 Generalità: target e tipologie di percorsi formativi

Il progetto VIRTUAL 3D, in relazione alle argomentazioni sin qui trattate, si fonda sull'integrazione di un corso classico, di tipo teorico-pratico, con lezioni, esercitazioni di gruppo o singole, in ambiente virtuale al fine di:
- consentire l'applicazione pratica degli argomenti trattati interagendo direttamente con l'ambiente di lavoro virtuale per modificarlo in funzione delle esigenze formative;
- permettere la simulazione di condizioni reali di rischio nell'ambiente di lavoro;
- suscitare il coinvolgimento dei discenti per interessarli ai problemi trattati facilitando l'apprendimento.

In considerazione del fatto che i discenti potrebbero essere persone non abituate all'utilizzo di mezzi informatici e/o multimediali così particolari, al fine di evitare reazioni di rifiuto, si è deciso di attuare lezioni di gruppo, guidate da un docente, senza ricorrere all'immersione totale, peraltro realizzabile, per motivi tecnologici, solo individualmente.
I corsi nei quali viene applicato VIRTUAL 3D riguardano l'analisi, la valutazione e la gestione del rischio rivolti a:
1. datori di lavoro che svolgono il ruolo di responsabili della sicurezza;
2. rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza;

3. operatori della sicurezza (responsabili del servizio di prevenzione e protezione e addetti alla sicurezza);
4. imprenditori e quadri dirigenziali.

Per fornire un prodotto quanto più possibile adeguato alle esigenze delle varie tipologie di utenti, si è proceduto ad una differenziazione dei corsi stessi, in termini di contenuti ed approfondimento sui temi trattati, così come sulle modalità d'uso della realtà virtuale, in tre livelli:

A. **Corso base**: rivolto a coloro che hanno poca o nessuna esperienza specifica in materia di sicurezza e salute sul lavoro anche in relazione allo specifico ruolo verso il quale si stanno formando;
B. **Corso avanzato**: rivolto a coloro che già detengono le conoscenze di base ed una esperienza non approfondita nel campo e che desiderano approfondire le conoscenze e le competenze in loro possesso;
C. **Master**: rivolto a persone già in possesso di conoscenze e competenze avanzate e che intendono approfondire o aggiornare le loro conoscenze in materie specifiche di stampo normativo o tecnico.

Nel progetto, al quale si rimanda per ulteriori definizioni e dettagli, sono stati definiti gli obiettivi generali e di dettaglio dei corsi, le unità didattiche che li compongono e la loro durata, nonché le singole lezioni con i relativi argomenti e durata, nelle quali le parti teorico pratiche, con didattica classica, sono alternate a fasi di ingresso nell'ambiente virtuale per approfondire ed applicare i concetti trattati.

3.1.2 Le Lezioni

La lezione in realtà virtuale è svolta dall'intero gruppo dei partecipanti al corso, composto da non più di 10-15 persone, sotto la guida del docente, che è libero di scegliere, in funzione delle esigenze didattiche, i movimenti del gruppo nello spazio a disposizione e di evidenziale luoghi, situazioni, operazioni, attività da esaminare o da svolgere. Ovviamente, dovendo rispettare le logiche e gli obiettivi fissati dallo specifico corso, la visita virtuale è stata progettata, nel suo flusso base di svolgimento, in modo da evitare dispersioni e sfruttare al massimo il tempo a disposizione. È possibile per il docente avviare simulazioni che evidenzino specifiche situazioni di pericolo connesse con la struttura dell'ambiente o con lo svolgimento di specifiche attività lavorative legate con l'attività produttiva.
Tali azioni, selezionabili dal menù, possono ottenersi anche tramite operatività diretta nello spazio virtuale (ad es. muovere, ruotare, traslare oggetti, azionare le attrezzature presenti nell'ambiente di lavoro, spostare i personaggi presenti o far muovere parti del loro corpo, fargli indossare dei DPI). Durante la visita virtuale sono in atto specifiche attività lavorative consone con l'ambiente di lavoro in fase di visualizzazione e sulle quali il docente può intervenire.

3.1.3. Esercitazioni

Sono previste esercitazioni di gruppo, nelle quali i partecipanti ai corsi avranno modo di applicare le nozioni ed i concetti appresi durante il corso. I partecipanti stessi verranno suddivisi in gruppi. Ogni sottogruppo, a turno, opererà in realtà virtuale nello svolgimento di una delle simulazioni previste dal software.
L'esercitazione consiste, per esempio, nel far individuare ai partecipanti i punti critici presenti

negli ambienti in cui essi si muovono, valutando i rischi e sviluppando le opportune azioni per la prevenzione e la protezione.
Tali esercitazioni si svolgeranno all'interno della sala virtuale sotto la supervisione del docente.

3.1.4 Verifiche

Ciascun discente verifica il proprio apprendimento tramite prove individuali effettuate in una sala multimediale su PC collegati con la sala virtuale.
Ad esempio ciascun partecipante potrà essere chiamato a:
- identificare la presenza, nell'ambiente di lavoro oggetto di analisi, di punti critici per la sicurezza e la salute dei lavoratori, evidenziandoli mediante un clic con il mouse sulla parte che li contiene;
- intervenire per modificare la situazione, selezionando da un menù di elementi, quello o quelli necessari per ogni particolare situazione;
- posizionare degli oggetti come segnali, cartelli, protezioni, attrezzature, DPI, ecc.

Il sistema deve consentire in ogni momento eventuali ripensamenti sulle azioni già svolte, permettendo di modificarle e di cambiare gli oggetti e gli elementi già inseriti.
Pertanto la presenza delle attrezzature nell'ambiente e la loro disposizione può essere introdotta, inibita e reintrodotta prima e durante l'esercitazione. I dispositivi di protezione individuale (DPI) in dotazione ai personaggi virtuali possono essere tolti e messi, e sono differenziati in funzione del tipo di rischio da cui devono proteggere.
Tutto questo viene registrato per permettere una valutazione del livello di apprendimento.
Ciascuna operazione compiuta dai discenti viene registrata in un'apposita tabella che viene stampata alla fine del percorso.

3.2. Caratteristiche dell'ambiente virtuale

Per una prima applicazione in realtà virtuale si è deciso di riprodurre un ambiente di lavoro scelto tra i più diffusi e che interessa un bacino di utenza piuttosto ampio, quale quello caratteristico di una impresa che opera nel campo della carpenteria metallica.
L'elemento essenziale che deve caratterizzare un tale prodotto è la riproducibilità di ambientazioni reali, infatti, i partecipanti ai corsi conoscono perfettamente i loro ambienti di lavoro, con i quali sono portati a fare continui confronti. La riproduzione in realtà virtuale deve essere quindi di qualità elevata ed è pertanto necessario che l'ambiente sia perfettamente aderente alla realtà delle aziende, con simulazioni estremamente verosimili.
Per la rappresentazione virtuale di una officina di carpenteria metallica è stato progettato un ambiente di lavoro costituito da un capannone ove si svolgono una serie di lavorazioni su materiali metallici.
Internamente al capannone sono stati individuati diversi locali, compresi gli uffici ed i servizi, nei quali sono presenti macchine, impianti, scaffali, banchi di lavoro, attrezzi e personaggi (i lavoratori).
In ogni zona sono disponibili attrezzi ed utensili di uso comune.
La presenza, la disposizione nell'ambiente e l'utilizzo delle attrezzature può essere introdotta, inibita e reintrodotta prima e durante la lezione o l'esercitazione in realtà virtuale.
Sono a disposizione i dispositivi di protezione individuale (DPI) in dotazione al personale, i quali possono essere tolti e messi e differenziati in funzione del tipo di rischio da cui devono proteggere.
Sono simulate le operazioni lavorative, delle quali sono state definite le singole fasi e le pro-

cedure operative, i rischi connessi, i dispositivi di protezione necessari, ecc., nonché alcuni specifici scenari incidentali connessi con il loro svolgimento.

3.3 Il sistema

Il sistema per uno strumento didattico basato su ricostruzioni in Realtà Virtuale (RV) è nel suo insieme costituito da elementi hardware e software integrati tra di loro ed aventi lo scopo di consentire di operare ed imparare attraverso la visualizzazione guidata da parte del docente di oggetti, luoghi, fasi di lavorazione, realizzando il massimo impatto visivo attraverso una visualizzazione realistica degli oggetti stessi, rappresentati in forma tridimensionale ed in tempo reale rispetto al punto di vista dell'osservatore.
In pratica si può muovere o utilizzare l'oggetto ricostruito, attraverso un joystick tridimensionale, che viene visualizzato in tempo reale sullo schermo esattamente come se si stesse manovrando quello vero.
Il problema centrale dei sistemi in RV è la velocità con la quale il computer calcola la posizione dell'oggetto, dello spazio intorno ad esso, dell'azione ad esso applicata e, in definitiva, quanti punti di questo è in grado di rappresentare in modo cinematograficamente fluido.
La grande differenza tra i sistemi per la realizzazione di immagini tridimensionali e quelli per RV è esattamente questa, la loro diversa necessità in termini di tempo reale nel fornire immagini di oggetti simulati.
Nel caso della computer grafica tridimensionale tradizionale, ciascun fotogramma viene difatti calcolato non in tempo reale poiché vengono adottate funzioni particolari come la rifrazione, l'effetto del vetro, fenomeni ottici, che necessitano di tempi di calcolo lunghi.
Si tratta quindi, di un sistema utilizzato per la realizzazione dei classici filmati come sigle, effetti per il cinema ecc. in cui i fotogrammi prodotti, vengono successivamente trasferiti su supporti come film o video e visualizzati dopo essere stati completamente calcolati.
Nel caso della RV invece, gli oggetti devono poter interagire in sincrono con le scelte di chi opera sul sistema ed essere visualizzati sullo schermo con una velocità di calcolo pari ad una corretta fluidità di movimenti.
E' evidente quindi che quanto più un computer e la sua scheda grafica saranno veloci tanto più sarà possibile ottenere tale fluidità di movimento e tanti più saranno i particolari che potranno essere presenti nell'immagine.
Per aumentare l'effetto "presenza" è inoltre possibile utilizzare alcuni sofisticati prodotti in grado di fornire una visione stereoscopica dell'oggetto rappresentato, metodo questo, in grado di offrire un'esperienza immersiva e fortemente accattivante oltre che didatticamente più corretta.
Questo significa che l'oggetto è pressoché sospeso nello spazio e spostandosi fisicamente intorno ad esso, sarà possibile leggerlo dalle varie e diverse angolazioni.
Per ottenere questo risultato vi è la necessità che sia il programma software, che la scheda grafica, che il sistema di visualizzazione (nel nostro caso il videoproiettore), siano compatibili con il sistema di stereoscopia utilizzato.
Vi è dunque necessità di diversi sistemi hardware e software in grado di collaborare tra di loro, al fine di ottenere un prodotto globalmente adatto alle necessità formative sui sistemi di sicurezza sul lavoro. Questi sono:

3.3.1 Il programma autore

Si tratta di un programma software in grado di realizzare oggetti, ambienti e funzioni, capace cioè di produrre gli specifici modelli richiesti e le modalità con le quali questi potranno essere gestiti.

Il programma deve essere predisposto per l'uso di occhiali 3D, avere uno standard grafico di elevata operatività, essere utilizzabile su piattaforma Windows NT con uno standard costruttivo VRML.

3.3.2 Il software specifico per RV

Si tratta del prodotto multimediale vero e proprio rappresentante di volta in volta l'oggetto o l'ambiente realizzati attraverso l'utilizzo di un programma autore.
Il software deve essere realizzato secondo le indicazioni formative e didattiche come sopra delineate e deve consentire l'integrabilità totale con la struttura hardware e software indicata.
Il sistema in Realtà Virtuale per la formazione alla sicurezza che viene proposto è strutturato in "moduli" tra loro indipendenti ed integrabili, ciascuno dei quali consente la rappresentazione in realtà virtuale di un "oggetto" con il quale, o sul quale, si possono svolgere delle attività didattiche e delle operazioni di manipolazione. La struttura modulare che caratterizza il software del sistema consente di aggiungere un numero praticamente illimitato di nuovi oggetti, a quelli disponibili nel sistema base di partenza, arrivando così a realizzare nel tempo una completa ed articolata biblioteca di elementi da impiegare in diverse ambientazioni.

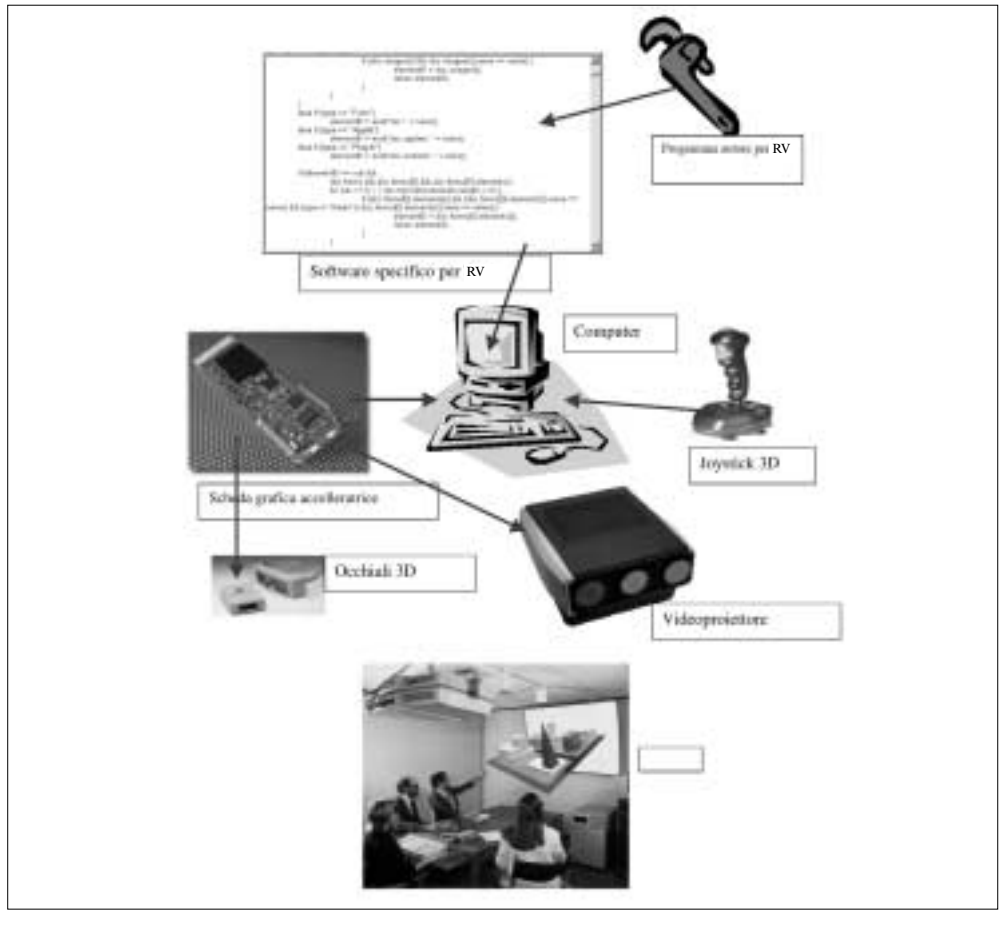


Figura 1: Schema riassuntivo del "sistema" per il progetto VIRTUAL 3D.

3.3.3 Computer grafico

E' uno dei due cuori del sistema poiché ad esso sono demandati il calcolo dell'oggetto, l'interazione, la gestione della scheda grafica, del joystick e del sincronismo con gli occhiali per la visualizzazione stereoscopica.
E' evidente che questo dovrà avere il massimo delle prestazioni, ma anche un rapporto prezzo-prestazioni equilibrato.
E' questo il motivo per il quale si è scelto di adottare Windows NT come sistema operativo, in virtù del fatto che si sta collocando come standard di mercato per tutto il prossimo futuro in applicazioni professionali come quella in RV, scalzando il più famoso, in materia di Realtà Virtuale, Sylicon Graphics.
In altre parole il sistema proposto dovrebbe subire solo piccole modifiche di adattamento al comparire sul mercato di nuovi e più potenti prodotti di calcolo, come ad esempio processori più veloci, senza per questo costringere a reingegnerizzare o peggio ancora, produrre ex novo tutti i moduli software fino a quel momento realizzati.

3.3.4 Scheda grafica acceleratrice

Si tratta del secondo principale elemento del sistema.
Ad essa è deputata la funzione di trasferire velocemente le immagini fotografiche delle superfici sugli oggetti tridimensionali calcolati dal computer.
In pratica realizza la "pelle" sulla struttura a fil di ferro degli oggetti sulla scena.
E' elemento determinante per la qualità della rappresentazione, sia perché tanto maggiore è la sua velocità di calcolo, tanto maggiore sarà la quantità di particolari visualizzabili, sia perché deve poter essere in grado di interagire via hardware, quindi in tempi eccezionalmente più rapidi di quelli prodotti dal risultato di un calcolo software, con il sistema di visualizzazione stereoscopico.

3.3.5 Joystick tridimensionale

Si tratta di una speciale manopola dotata di movimenti su tutti i suoi assi e di pulsanti.
Applicando movimenti con la mano alla manopola è possibile effettuare movimenti dell'oggetto, utilizzando invece i tasti, è possibile effettuare accensioni di macchine da lavoro, aprire schede tecniche e quant'altro previsto in termini di interazione nei moduli didattici.

3.3.6 Occhiali stereoscopici

Si tratta di speciali occhiali realizzati con due piccoli otturatori a cristalli liquidi, questi sono sincronizzati via infrarosso con la scheda grafica ed il software.
In pratica viene di volta in volta inviato un segnale per il quale uno dei due otturatori alternativamente si chiude e solo un occhio è così in grado di vedere lo schermo, si ottiene così la visualizzazione di un'immagine, lato sinistro e lato destro, per ogni volta.
L'immagine ottenuta è di grande impatto visivo e consente ad un pubblico relativamente numeroso, di poter simultaneamente avere un'esperienza di tipo immersivo.
Non è stata valutata positivamente la scelta del classico casco perché in questo caso si sarebbe limitata la visione stereoscopica ad un utente per volta.

3.3.7 Videoproiettore

Rappresenta il sistema di visualizzazione e dovrà avere caratteristiche tali da poter gestire i segnali inviati dalla scheda grafica in un frequenza tale da consentire la rapida visualizzazione di ciascuna coppia di immagini, lato sinistro e destro, per gli occhiali stereoscopici.
Dovrà quindi essere compatibile sia con la scheda grafica che con gli occhiali.
Questo sistema di visualizzazione consente ad un gruppo di utenti di poter contemporaneamente assistere all'esperienza didattica.

3.4 Costi, fasi e tempi di realizzazione

Per definire il costo della realizzazione del sistema in questione è stata effettuata una approfondita ricerca di mercato tesa ad individuare le apparecchiature ed i sistemi oggi esistenti per l'utilizzazione nel progetto proposto.
I risultati di questa attività, pur condizionati da difficoltà connesse alla estrema variabilità di offerta qualitativa ed economica dei vari costruttori operanti nel mercato, nonché dalle oscillazioni del cambio, visto che la maggior parte dei prodotti proviene dall'estero (area del dollaro), hanno portato alle seguenti conclusioni connesse con due diversi approcci pratici di realizzazione:

A. realizzare tutti i moduli didattici in un'unica fase di implementazione del sistema in RV, con un investimento economico di ca. £. 1,9 miliardi ed un tempo di almeno 6-8 mesi più i tempi di fornitura.

B. realizzare una prima fase sperimentale nella quale implementare il sistema per un solo modulo formativo (ad esempio uno connesso con una specifica attività lavorativa come la tornitura, oppure la saldatura, ecc.) al fine di valutare la funzionalità delle soluzioni didattiche e tecnologiche adottate. In questo caso l'investimento economico è calcolabile in ca. £. 400 milioni, con un tempo di realizzazione compreso tra i 3 ed i 6 mesi da sommare ai tempi di fornitura delle strumentazioni.

La scelta della seconda ipotesi di lavoro è da ritenersi la più adatta per poter transitare attraverso una approfondita fase di test dei cicli didattici, della costituzione ed operatività del sistema, soprattutto relativamente al software, ed alla gestibilità delle periferiche per la interattività con l'ambiente virtuale.
Ciò appare di migliore garanzia e protezione, vista anche la sperimentalità del progetto, non solo per gli investimenti economici, estremamente più contenuti, ma anche per una migliore certezza di efficacia funzionale che tornerà estremamente utile nel successivo completamento del sistema.

BIBLIOGRAFIA

Amici M., Benedetti F., Marangoni P., Pacciana M.: Realtà Virtuale in 3D per la formazione e l'addestramento sulla prevenzione e la sicurezza. Rivista degli Infortuni e delle Malattie Professionali, 1999, Fascicolo 4-5, Ed. INAIL

Capucci, P.L.: La Realtà del Virtuale. Rappresentazioni tecnologiche, comunicazione, arte. Ed. Clueb, 1993, Bologna.

Capucci, P.L.: Il corpo tecnologico. Ed. Baskerville, 1994, Bologna.

Isdale, J.: Che cos'è la realtà virtuale, come funziona, come si può usare, cosa cambia nella nostra vita. Ed. Ritmi theoria, 1995, Roma/Napoli.

Gallarini, S.: La realtà virtuale. Ed. Xenia, 1991, Milano.

Amici, M.: Lavorare con la Realtà Virtuale. Tesi di laurea in Psicologia del Lavoro a "La Sapienza" di Roma, 1998.

Quaglino G.P.: Fare formazione. Ed. Il Mulino, 1985, Bologna.

Avallone F.: La formazione psicosociale. Ed. N.I.S., 1989, Roma.

Documento CEDEFOP, La formazione alla gestione per le piccole e medie imprese.

ISFOL: Modelli di formazione a distanza per i formatori, 1997.

Education & formation à la prévention, Recueil des actes (1989), Colloque International Paris.

1° Conferenza nazionale sulla formazione nel settore pubblico, Atti, Roma 1998.

ATTIVITÀ DI VIGILANZA CONGIUNTA PER IL PROGETTO SPECIALE INFORTUNI PRIME CONSIDERAZIONI DELL'ESPERIENZA SUL TERRITORIO

D. Antoni, E. Barbassa*, S. Caldara*, G. Fois*, R. Luzzi*, M. Mameli**
* INAIL - Direzione Regionale Piemonte - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

In relazione alle disposizioni del ministero del lavoro del 13/7/2000 è sorta l'iniziativa di vigilanza congiunta, coinvolgente INAIL e Ispettorato del Lavoro, sui casi di infortunio gravi, con oltre il 60% di invalidità, e mortali. Questo progetto ha visto coinvolti gli enti delle regioni Piemonte, Lombardia, Veneto, Lazio e Sicilia per un arco di tempo di otto settimane per un totale di 262 casi da esaminare.
Per l'operatività sul territorio era richiesta la formazione di nuclei ispettivi costituiti rispettivamente da un ispettore del lavoro, da un ispettore di vigilanza INAIL e da un tecnico professionista INAIL.
Le finalità dell'intervento miravano alla verifica del rapporto di lavoro dell'infortunato nel contesto aziendale complessivo, dell'esistenza di un "sistema" sicurezza e della sua operatività, in merito a strumenti e procedure, e valutarne l'efficacia e fornire così un'analisi dell'evento infortunistico nell'ambito del processo produttivo.
Tali finalità erano rispecchiate nella modulistica a carattere sintetico istituita a scopo statistico.
I dati emersi dal lavoro di vigilanza sono stati analizzati ricavando gli andamenti infortunistici secondo il tipo di attività (per grande gruppo di tariffa) e secondo le fasce di età. Inoltre sono stati considerati aspetti relativi all'efficacia del servizio prevenzione e protezione, nel senso del miglioramento della prevenzione.

Introduzione

Il fenomeno infortunistico in ambito lavorativo non è diminuito in maniera significativa in Italia negli ultimi anni, nonostante la maggiore attenzione dedicata al problema, sia dal punto di vista di innovazioni operative e tecnologiche, sia dal punto di vista legislativo ed istituzionale, con l'emanazione di Provvedimenti quali il D.Lgs.626/94 e successive modifiche, l'elaborazione del Piano Sanitario nazionale 1998 - 2000, che individua l'obiettivo di riduzione degli infortuni del 10% e l'iniziativa Carta 2000 che prevede un maggior coordinamento fra i diversi soggetti istituzionali e le parti sociali competenti in tema di prevenzione.
Da mettere in rilievo, in quest'ambito, le iniziative INAIL, scaturite dal D.Legs.38/2000 (art. 23), riguardanti l'incentivazione alle imprese ai fini del miglioramento della sicurezza sul lavoro e dell'incremento della cultura della prevenzione nei luoghi di lavoro. Tali iniziative sono tese a favorire nell'intero tessuto produttivo italiano la concreta attuazione delle disposizioni del D.Lgs. 626/94 in materia di misure tecnico-organizzative di prevenzione e protezione e di interventi di formazione ed informazione dei lavoratori (previsti specificatamente dagli artt.21 e 22 del D.Legs. 626/94).
Nei primi nove mesi del 2000 si è addirittura registrato un aumento dell'1,4% rispetto allo stesso periodo del 1999.
Per una maggiore sensibilizzazione del settore lavorativo nel 2001 la settimana europea sulla

sicurezza sarà opportunamente dedicata alla "Prevenzione degli infortuni sul lavoro".
Per un'analisi del problema, con la direttiva del 13/07/2000 il Ministero del Lavoro e della Previdenza sociale, in accordo con la Direzione Generale dell'INAIL, ha proposto un'azione di vigilanza sugli infortuni con gravità ≥ 60% e mortali, avvenuti sul lavoro nelle realtà aziendali caratterizzate da maggiore incidenza e gravità del fenomeno infortunistico. Sono stati inclusi nell'indagine gli infortuni stradali , mentre sono esclusi gli infortuni "in itinere".
La direttiva del Ministero del Lavoro si è proposta come finalità dell'intervento di:

- Verificare la regolarità del rapporto di lavoro dell'infortunato. Ove tale accertamento fosse già stato effettuato dalla Direzione provinciale del lavoro o dall'INAIL, di acquisire le notizie necessarie per costituire il dossier relativo;
- Individuare il contesto aziendale in cui si era verificato l'infortunio: inquadramento dell'azienda, esistenza degli organismi sindacali aziendali, i rapporti tra le parti, etc.;
- Verificare l'esistenza dell'organizzazione del "sistema sicurezza", secondo i parametri legislativi;
- Verificare se era stata data attuazione "operativa" al sistema sicurezza;
- Verificare le procedure operative effettivamente utilizzate;
- Verificare l'efficacia e l'attualità nella valutazione del rischio e nel relativo documento sulla sicurezza;
- Analizzare l'evento infortunistico nell'ambito del processo produttivo.

Metodologia operativa dell'attività di vigilanza congiunta

L'attività iniziale, di carattere sperimentale, è stata limitata a 5 regioni, scelte sulla base dei più recenti dati infortunistici: Piemonte, Lombardia, Veneto, Lazio e Sicilia. La sperimentazione è stata pianificata con una durata di circa otto settimane ed ha avuto come oggetto un totale di 262 casi gravi o mortali da esaminare.
Per l'operatività sul territorio è stata richiesta la formazione di nuclei ispettivi costituiti da un ispettore del lavoro, da un ispettore di vigilanza INAIL e da un tecnico professionista INAIL.
Racchiudendo in sé competenze a largo spettro, il gruppo di lavoro è stato in grado di analizzare, sia sul piano organizzativo-gestionale che su quello tecnico, il sistema prevenzionale ed antinfortunistico delle aziende coinvolte.
La metodologia seguita si è articolata in una fase di raccolta dati ed informazioni ed in una di analisi e di elaborazione dei dati raccolti al fine di ricostruire le cause e le circostanze dell'incidente in relazione al contesto aziendale, valutando l'organizzazione ed attuazione del sistema sicurezza nell'ambito del processo produttivo specifico.
Quindi, in via preliminare, è stata esaminata la documentazione agli atti fornita dalle Sedi e successivamente è stato svolto un sopralluogo, intervistando gli eventuali testimoni, il datore di lavoro ed i lavoratori, verificando la documentazione fornita dalle ditte e registrando le carenze tecniche rispetto alla normativa vigente.
E' stato fornito al team un modello da compilare per il rapporto ispettivo relativo agli infortuni mortali o gravi e le linee - guida per la compilazione del modello.
Il modello era articolato in 4 parti:

1 - Dati relativi all'infortunato: dati anagrafici, assicurativi, occupazionali (rapporto di lavoro, anzianità nella mansione, reparto dell'azienda in cui svolgeva l'attività abituale etc.)
In particolare, come è sottolineato nelle linee-guida per la compilazione del modello, per determinare l'influenza del fattore umano sull'infortunio, era importante rilevare il tipo di rapporto di lavoro della vittima (se dipendente con rapporto di lavoro a tempo determinato o indeterminato, se lavoratore autonomo, se parasubordinato, se socio di cooperativa od altro). Infatti, la forma del rapporto di lavoro presenta oggigiorno evoluzione rapida e non facilmente control-

labile, con l'affermarsi di rapporti di lavoro atipico o con l'aumento del "sommerso" (con particolare riferimento ai lavoratori extracomunitari).

2 - Dati relativi all'azienda: dislocazione territoriale, dimensione e ciclo produttivo dell'azienda

3 - Dati relativi all'evento: era la sezione più corposa e riguardava sostanzialmente le modalità di accadimento dell'evento lesivo con un'attenzione particolare agli aspetti di interesse prevenzionale.

4 - Dati sanitari: informazioni di natura medico-legale differenziate a seconda che si trattasse di infortunio con esito mortale o grave.
Nella parte 3 del modello, l'evento era analizzato attraverso:
- una serie di domande mirate
- uno spazio descrittivo libero
- un apposito foglio riassuntivo.

Gli schemi sulla cui base sono state disegnate le domande mirate sono stati mutuati dal nuovo sistema europeo di registrazione e codifica delle modalità di accadimento (ESAW/3) che è di prossima adozione da parte dell'INAIL per tutti i casi di infortunio.
Secondo indicazioni della Direzione Centrale Rischi dell'INAIL del 25/07/2000, il compito richiesto al professionista CONTARP consisteva prevalentemente nel collaborare con l'ispettore di vigilanza INAIL nella compilazione dello spazio descrittivo dell'infortunio, privilegiando l'analisi della dinamica dell'evento e delle possibili cause e circostanze ad esso correlabili, cioè effettuando l'analisi tecnica dei fattori concorrenti al verificarsi dell'infortunio.
E' stata così predisposta una guida, da compilare a cura del professionista CONTARP, in seguito a sopralluogo, qui di seguito riportata:

GUIDA PER LA STESURA DELLO SPAZIO DESCRITTIVO DELL'INFORTUNIO

Con riferimento alle condizioni ed all'organizzazione del lavoro

1. Difetti, imperfezioni o malfunzionamento dell'agente materiale della lesione						❑ Si	❑ No	
2. DPI mancanti						❑ Si	❑ No	
3. DPI non idonei						❑ Si	❑ No	
4. Condizioni sfavorevoli dell'ambiente di lavoro						❑ Si	❑ No	
5. Inadeguata sistemazione dei materiali						❑ Si	❑ No	
6. Protezione o dispositivi di sicurezza mancanti						❑ Si	❑ No	
7. Protezione o dispositivi di sicurezza inefficienti o non funzionanti						❑ Si	❑ No	
8. Segnaletica carente o mancante								
9. Metodi, procedure e tecniche di lavoro:								
- Pianificazione lavoro	❑ Si	❑ No	scritta	❑	verbale	❑		
- Procedure di lavoro	❑ Si	❑ No	scritte	❑	verbali	❑		
- Istruzioni operative	❑ Si	❑ No	scritte	❑	verbali	❑		
- Formazione	❑ Si	❑ No	procedure scritte	❑	registrazioni	❑		
- Informazione	❑ Si	❑ No	procedure scritte	❑	registrazioni	❑		
- Manutenzione	❑ Si	❑ No	programmata	❑	non programmata	❑		
- Libretti uso e manutenzione			❑ Si	❑ No				
- Schede di sicurezza sostanze			❑ Si	❑ No				
10. Impianti conformi						❑ Si	❑ No	
11. Vie ed uscite di emergenza conformi e sgombre						❑ Si	❑ No	

Con riferimento ai comportamenti

12. Manutenzione e riparazione o attrezzaggio, registrazione o pulizia	❑ Si ❑ No
13. Mancato utilizzo di DPI disponibili	❑ Si ❑ No
14. Errato utilizzo di DPI disponibili	❑ Si ❑ No
15. Arresto o sbloccaggio di veicoli, interruttori o valvole	❑ Si ❑ No
16. Messa in moto o arresto di macchine senza preavviso	❑ Si ❑ No
17. Spostamento di carichi senza preavviso	❑ Si ❑ No
18. Rimozione di griglie, tombini, apertura scavi senza segnalazioni o sbarramento	❑ Si ❑ No
19. Uso non conforme a libretti uso e manutenzione, schede di sicurezza, procedure di lavoro, ecc. di:	
a) macchine, apparecchiature o attrezzi ❑ Si ❑ No	
b) sostanze o materiali ❑ Si ❑ No	
20. Inosservanza di controlli operativi su macchine, impianti, attrezzi ecc.	❑ Si ❑ No
21. Manomissione od esclusione di dispositivi di sicurezza	❑ Si ❑ No
22. Incremento anomalo del ritmo/velocità del lavoro	❑ Si ❑ No
23. Spostamenti o movimenti fuori dai percorsi autorizzati/predisposti	❑ Si ❑ No
24. Messa in atto di comportamenti/posizioni non usuali	❑ Si ❑ No
25. Avvicinamenti o mescolamenti non conformi	❑ Si ❑ No

La sezione 3 del modulo, curata direttamente dal professionista CONTARP, costituisce un riferimento per la strutturazione di un Osservatorio dei casi mortali e gravi, un nuovo e promettente strumento di analisi del fenomeno a fini di prevenzione.
Tale sezione è suddivisa in due parti principali che concorrono a definire il quadro complessivo dei fattori causali e concausali.
La prima delle due parti riguarda le condizioni generali in cui la vittima si trovava ad operare e l'organizzazione del lavoro, la seconda è relativa ai comportamenti che hanno contraddistinto l'operato della vittima, indipendentemente dal fatto che essi siano o no esclusivamente imputabili alla sua volontà.

Risultati dell' indagine e confronto con i dati statistici Inail relativi al Piemonte.

In Piemonte sono stati analizzati 34 casi di infortuni mortali o gravi con grado di invalidità lavorativa ≥ 60% (quest'ultimi sono solo 4 casi) di cui 33 avvenuti nel periodo agosto 1999 -maggio 2000. Di questi, 20 riguardano lavoratori dipendenti addetti nell'industria, commercio e servizi, 10 lavoratori autonomi e 4 lavoratori addetti in agricoltura.
I 33 casi di infortunio grave o mortale rappresentano il 35.5 % (33/93) degli infortuni gravi o mortali (93 casi in tutto) avvenuti in Piemonte nel periodo agosto 1999 - maggio 2000. Sei casi sono stati chiusi negativamente per motivi medici o amministrativi e due sono casi di infortunio mortale avvenuto in itinere.
Dal punto di vista prevenzionale si ritiene quindi più significativo considerare i rimanenti 22 casi di infortunio mortale ed i 3 casi di infortunio grave.
Esponiamo, in modo riepilogativo, i dati rilevati dalla Contarp Piemonte durante l'attività di vigilanza congiunta, come riportati nella tabella 1.
Nei grafici riportati in figg.1 e 2 è descritto l'andamento infortunistico nel periodo da agosto

1999 a maggio 2000 in Piemonte per grande gruppo di tariffa e per il settore agricolo; in particolare la figura 1 mostra la distribuzione degli infortuni relativa ai casi ispezionati, mentre la figura 2 evidenzia la distribuzione relativa al totale di infortuni avvenuti nella regione ed è stata ricavata dalla banca dati INAIL.

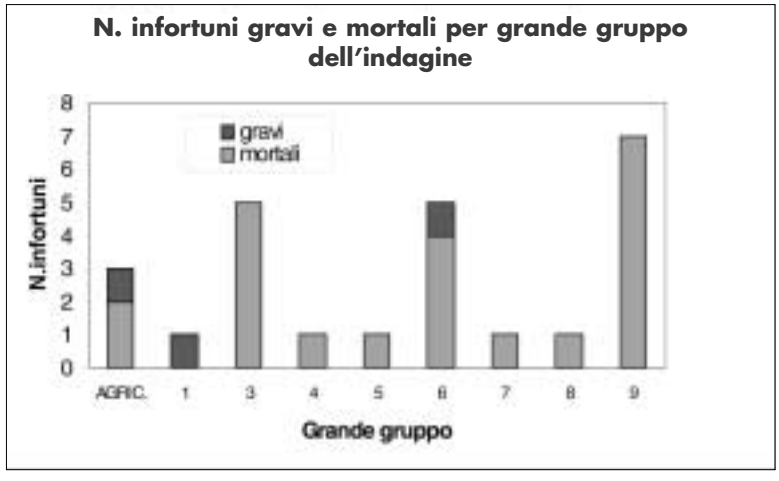


Figura 1

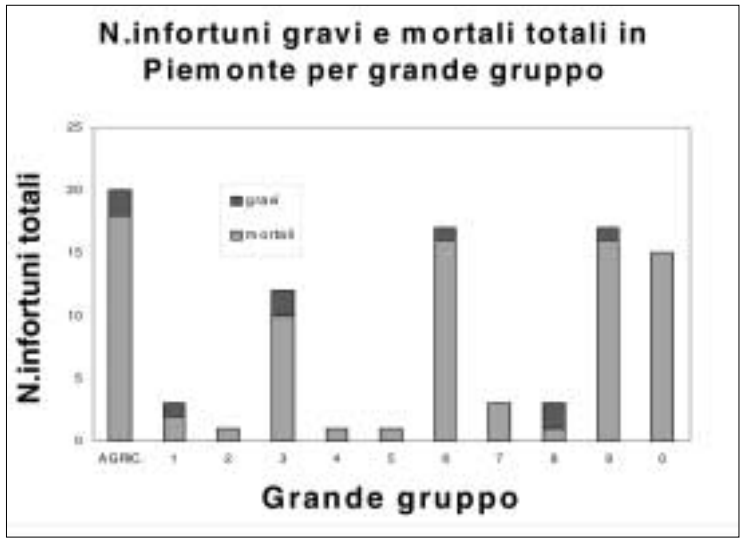


Figura 2

Nel grafico riportato in fig. 3 è mostrata la ripartizione percentuale per fasce d'età degli infortuni esaminati dalla CONTARP Piemonte; come si può rilevare dal grafico, la maggior percentuale di infortuni (48%) si riscontra nella fascia di età più bassa.
Nel grafico riportato in fig. 4 è mostrata l'incidenza dell'organizzazione del sistema di prevenzione e protezione sul fenomeno infortunistico, come desunto dalla valutazione del SPP effettuata nei sopralluoghi.

Figura 3

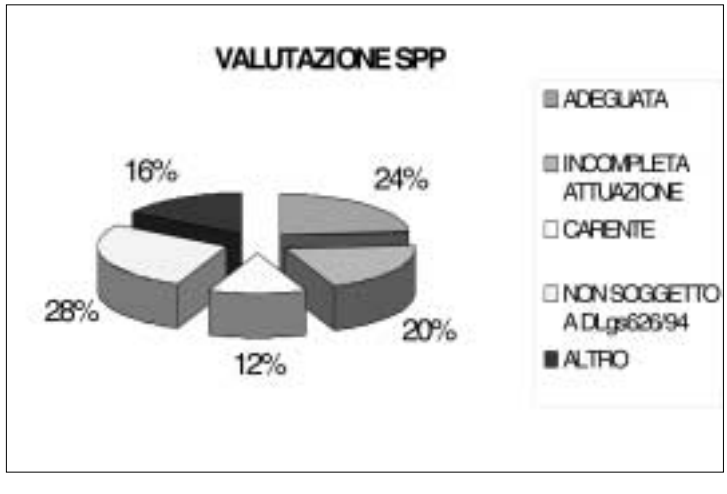


Figura 4

Considerazioni

Dalla nostra esperienza su campo, la scheda, insieme allo spazio descrittivo dell'infortunio, ha presentato spesso delle difficoltà oggettive di compilazione.
Analizziamone i motivi:

- la scheda presentata è difficilmente utilizzabile per gli infortuni stradali (4 casi), tranne forse al punto 4 e 20, mentre per gli altri punti rimane non compilabile;
- spesso il sopralluogo è avvenuto a notevole distanza dalla data dell'infortunio, nel qual caso, sul luogo dell'infortunio, se avvenuto fuori ditta, come nella maggior parte dei casi, non aveva più senso fare un sopralluogo e, se avvenuto in ditta, erano cambiate le situazioni operative e lavorative;
- molte attività artigianali, in seguito al decesso del titolare, sono state chiuse, rendendo impossibile l'acquisizione di ulteriori informazioni, oltre a quelle già presenti nella pratica;
- molti casi di infortunio sono stati oggetto di procedimenti giudiziari, per lo più tuttora in corso, le cui perizie non sono accessibili, in quanto coperte da segreto d'ufficio;
- sempre a causa delle stesse indagini non sempre è stato possibile esaminare i macchinari coinvolti nell'infortunio, in quanto sigillati ed ancora sotto sequestro;
- ci sono state talora difficoltà di accesso ai verbali compilati al momento dell'incidente dallo Spresal, che è l'organo dell'Asl competente in materia di sicurezza ed igiene del lavoro per la maggior parte dei comparti produttivi (ad eccezione dei cantieri edili, dei lavori ferroviari, delle cave e delle miniere).

Conclusioni

Da una disamina dei casi specifici, per quanto in numero limitato, nell'ottica di verifica delle finalità dell'intervento dichiarate nella Direttiva del 13/07/2000, si possono fare le seguenti considerazioni:

- per quanto riguarda l'esistenza dell'organizzazione del "sistema sicurezza", è necessario distinguere tra grandi o medie industrie e piccole imprese od aziende artigiane in quanto per le prime generalmente è stato organizzato il sistema di sicurezza secondo i parametri legislativi e ne è stata data attuazione operativa, mentre per le piccole imprese e per le aziende artigiane la situazione, pur variegata, è più critica in quanto talora ci si è limitati ad assolvere solo agli adempimenti burocratici previsti dal D. Lgs. 626/94;
- gli incidenti che avvengono nella grande o media impresa sono spesso da imputare ad inosservanza da parte del lavoratore di procedure di lavoro od all'esclusione di dispositivi di sicurezza, mentre nelle piccole imprese o nelle aziende artigiane si riscontrano più di frequente carenze organizzative o di sicurezza degli impianti e dei macchinari.

Esaminando le modificazioni avvenute nel tessuto produttivo ed il loro impatto sul fenomeno infortunistico, si è osservata la tendenza al processo di terziarizzazione da parte delle grandi e medie imprese di attività a basso contenuto tecnologico, ma ad elevato rischio, con creazione di settori di terziario arretrato con situazioni lavorative pericolose; ad esempio nella zona del Verbano-Ossola (NO) si è assistito al proliferare di imprese a conduzione familiare che si occupano della pulitura e smerigliatura di parti in alluminio di caffettiere per conto di una famosa grande azienda del settore e che sono state coinvolte in ripetuti incidenti dovuti allo scoppio degli aspiratori delle polveri di alluminio.
L'analisi delle modificazioni riscontrate nella composizione della forza lavoro in relazione al fenomeno infortunistico mette in evidenza:

- l'innalzamento progressivo dell'età di inizio lavoro e di fine lavoro;
- il ricorso sempre più frequente a rapporti di lavoro atipici;

• l'aumento della presenza di lavoratori stranieri.

Queste modificazioni sottolineano l'importanza del fattore umano; a questo proposito la formazione dei lavoratori è stata di recente rivalutata e recuperata come uno dei cardini della prevenzione, dopo aver ricevuto per vari decenni un'attenzione solo marginale in sistemi di prevenzione orientati piuttosto alla sicurezza intrinseca delle macchine (la famosa "macchina a prova di idiota").

In conclusione, poiché gli infortuni sono eventi che hanno un elevato costo sociale, la prevenzione degli infortuni sul lavoro rappresenta quindi un obiettivo sociale dai molteplici vantaggi a breve, medio e lungo termine.

La casistica degli infortuni gravi e mortali, se si presta da un lato ad una elaborazione statistica per un'analisi macroscopica del fenomeno, dall'altro può offrire l'occasione per un'analisi di dettaglio, che mettendo a fuoco le cause e le circostanze del singolo evento, può condurre ad importanti indicazioni tecniche di carattere prevenzionale e di validità più ampia.

Da questo studio escono rafforzati alcuni concetti ormai ampiamente condivisi dalla comunità degli igienisti industriali e dei tecnici della sicurezza e cioè che per fare prevenzione vanno messe in relazione diverse attività tra loro complementari: la regolamentazione e la normalizzazione degli ambienti di lavoro, dei dispositivi, delle macchine e delle attrezzature, l'ispezione e la sorveglianza da parte degli Organi di vigilanza, l'attività di consulenza alle PMI da parte degli Enti Pubblici, la formazione e l'informazione sui rischi presenti sui luoghi di lavoro, la preparazione e l'applicazione di programmi di prevenzione adatti ai bisogni di un settore di attività o di una data azienda.

In quest'ottica ben si inseriscono le molteplici iniziative INAIL (progetti di incentivazione alle imprese, nascente Osservatorio degli infortuni mortali e gravi etc.) di cui l'attività di vigilanza congiunta descritta in questo lavoro costituisce un momento significativo.

Sede	Eta	Entità	Mansione	Tipo contratto lavoro	Gruppo di Tariffa	Causa Infortunio	Causa morte	Valutazione Servizio Prevenzione e Protezione	Carenze Protezioni Collettive	Carenze DPI	Note
AL	27	100%	Bracciante agricolo	T.I.	AGRIC.	Caduta in precipizio, non si sono testimonianze	Trauma cranico	Nessuna documentazione	N.A.	N.A.	
AL	32	Mortale	Taxista	artigiano autosomo	91	Sceso dall'auto in panne ed investito da altra vettura sopraggiungente	Frattura cranica	Non soggetto a D.Lgs.626/94	N.A.	N.A.	
AL	38	Mortale	Manutenzione autostrade	T.I.	55	Investito da auto fuori controllo, mentre era addetto alla segnalazione manuale di viabilità del cantiere	Politrauma	Adeguato	NO	NO	
AL	38	Mortale	Idraulico	artigiano autosomo	28	Cavo elettrico sospeso	Folgorato	Non soggetto a D.Lgs.626/94	SI	NO	
AT	33	Mortale	Impianti tiratura	artigiano autosomo	36	Caduto dal tetto di capannone, mentre faceva uso improprio di autoscalello	Frattura cranica	Non soggetto a D.Lgs.626/94	NO	SI	
AT	42	Mortale	Avvolatore fuori F.S.	T.I.	91	Travolto da treno correttamente avvistato e segnalato da lui stesso	Politrauma	Adeguato	NO	NO	
BI	58	Mortale	Operatore macchine utensili	artigiano socio lavoratore	63	Indumento impigliato su torno in rotazione	Asfissia	Carente	SI	SI	
CN	41	Mortale	Muratore	artigiano socio lavoratore	21	Sepellimento durante verifica mura contenimento	Asfissia	Nessuna documentazione	SI	NO	
CN	52	Mortale	Coltivatore	Coltivatore diretto	AGRIC.	Ispezione e pulizia cisterna cantina in presenza di CO	Asfissia	Non soggetto a D.Lgs.626/94	SI	NO	
CN	33	72%	Operaio manutenz.	T.I.	11	Braccio in coclea per mancanza di dispositivi di protezione macchina	Amputazione braccio dx	Incompleta attuazione	SI	NO	
CN	24	Mortale	Operaio glu	T.D.	33	Contatto linea elettrica durante trasporto materiale in cantiere	Folgorato	Incompleta attuazione	SI	NO	
NO	38	Mortale	Manutenzione ascensori	T.I.	65	Avvio casuale ascensore in manutenzione schiacciamento tra cabina e montante porta	Trauma cranico	Adeguato	SI(probabile)	NO	

Sede	Età	Entità	Mansione	Tipo contratto lavoro	Gruppo di Tariffa	Causa infortunio	Causa morte	Valutazione Servizio Prevenzione e Protezione	Carenza Protezioni Collettive	Carenza DPI	Note
NO	59	Mortale	Operaio cave	T.D.	71	Esplosione per distanza eliminazione residui di esplosivi	Ferite art. int. ecc.	Incompleta attuazione	NO	NO	pensionato, risaputo da pochi giorni
NO	53	Mortale	Assistente tecnico manovra carichi	T.I.	91	Colpito da tubo agganciato da elicottero in emergenza	Frattura cranica	Incompleta attuazione	NO	NO	
NO	63	0.9	Fabbro carpentiere	artigiani autonomi	52	Distacco parte di puleggia durante manutenzione teleferica	Ferite lacerocontuse da	Non soggetto a D.Lgs.626/94	SI	NO	
NO	46	Mortale	Elettricista ENEL	T.I.	41	Avvicinamento a cella sotto tensione	Folgorato	Adeguato	NO	NO	
NO	24	Mortale	Operaio pulitura metalli	T.D.	52	Esplosione, travolto dal crollo del capannone	Ustionato	Nessuna documentazione	Non rilevabile	Non rilevabile	Documentazione distrutta da esplosione
TO	27	Mortale	Operaio	T.I.	51	Cadute in cavità	Politrauma	Adeguato	NO	NO	
TO	30	Mortale	Autotrasportatore	Non rilevato	91	Incidente stradale	Politrauma	Non rilevato	N.A.	N.A.	
TO	62	Mortale	Tassista	artigiani autonomi	91	Omicidio a scopo di rapina	Ferite arma da fuoco	Non soggetto a D.Lgs.626/94	N.A.	N.A.	
TO	47	Mortale	Carpentiere cablatore	T.I.	52	Schiacciato da carico sospeso per imbragatura inadeguata	Politrauma	Adeguato	SI	NO	
TO	34	Mortale	Autotrasportatore	artigiani autonomi	91	Schiacciato per cedimento sistema di sollevamento automezzo in manutenzione sbandamento	Politrauma	Non soggetto a D.Lgs.626/94	SI	NO	
TO	49	Mortale	Autista	T.I.	93	Travolto carico (lastre vetro)	Frattura cranica	Incompleta attuazione	SI	SI	
TO	55	Mortale	Titolare lavanderia	artigiani autonomi	83	Avvelenamento da solvente durante pulizia macchinari	Inalazione sostanze tossiche	Carente	Si(probabile)	SI	
VC	56	Mortale	Guardiacaccia	T.I.	43AC	Caduto lungo ripido pendio	Frattura cranica	Carente	NO	NO	

L'EVOLUZIONE DELLE NORME DI QUALITY MANAGEMENT IN RELAZIONE ALLA SICUREZZA COME ASPETTO PREVENTIVO

*D. Antoni**
* INAIL - Direzione Regionale Piemonte - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Si tratta in questo lavoro delle norme di Quality Management fino alla versione delle ISO 9000 - Vision2000, considerandone brevemente l'evoluzione a partire dalle prime norme e i primi concetti di Qualità. Si evidenzia quale sia stato il procedere del pensiero filosofico in tema di Qualità e come si sia affermato il concetto di "miglioramento continuo" applicato secondo la logica dell'impostazione di approccio a fasi (Pianificazione - Attuazione - Verifica - Analisi/Azione).
Si traccia una descrizione delle tappe fondamentali della formulazione ed emissione delle ISO9000 – Vision2000 e quali siano stati i principi fondamentali di studio e gli obiettivi da raggiungere: obiettivi che mirano, oltre a rendere più efficace il Quality Management, all'allineamento, all'implementazione ed integrazione del Quality Management con altri sistemi di gestione e con altre norme.
Si delinea un parallelismo con altre norme che abbiano assimilato il concetto di miglioramento continuo, in particolare con il D.Lgs. 626/94 che propone un approccio di autovalutazione e miglioramento per le aziende in ambito di sicurezza.
Si esemplificano casi di integrazione di sistemi di gestione della Sicurezza e della Qualità che mostrino la convenienza nella gestione di tali sistemi.

Introduzione

Il progredire della scienza e delle tecnologie hanno portato alla globalizzazione del mercato e sempre maggiormente si è radicata la cultura, o necessità, della qualità. Anche la sicurezza ha risentito di tale influsso e il concetto qualità è entrato anche in tale ambito, perciò sempre maggiormente si è parlato di qualità della sicurezza. Tuttavia non si è mai considerato appieno lo spirito della filosofia della Qualità Totale: ora gli organismi internazionali propongono un nuovo strumento normativo, le ISO 9000-Vision 2000, volte all'integrazione e all'implementazione di quei sistemi fino ad oggi sviluppatisi parallelamente (Qualità, Sicurezza e Ambiente).
Bene si colloca a tal proposito l'iniziativa dei progetti INAIL di incentivazione della prevenzione in materia di sicurezza per le aziende; rilevante diviene il ruolo attivo/professionale dell'Istituto nel rapporto con l'esterno.

Discussione

Fino ad oggi il concetto di qualità è stato sempre collegato ad un oggetto, un prodotto od un servizio, pertanto difficilmente un contesto di più ampio respiro come quello del Total Quality Management (T.Q.M.) ha avuto modo di radicarsi fermamente, salvo rare eccezioni, nelle logiche imprenditoriali.

Un approccio con tale spirito è quello fornito dalla normativa in ambito di sicurezza (D. Lgs. 626/1994 e mod.) e dagli standard in materia ambientale (ISO 14000, British Standard 7750, EMAS 1836/93). Queste normative affrontano i temi prevedendo una strutturazione dell'approccio al tema specifico in maniera organizzata: partendo da una fase di analisi della situazione con conseguenti fasi di pianificazione dei miglioramenti, di predisposizione di controlli ed attuazione di verifiche che consentano una nuova analisi della situazione; struttura che nel linguaggio dei cultori della Qualità si identifica con la sigla PDCA (Plan- Do - Check –Act = Pianificazione –Attuazione-Verifica- Analisi/Azione).
Contrariamente vediamo che il panorama normativo in ambito di qualità, da cui ha preso avvio la filosofia del miglioramento continuo, negli anni ha proliferato in forma "incontrollata", perdendo anche di forza nell'attuazione, riducendo il concetto di competitività aziendale ad un marchio ("label") per il mercato.
Questo fenomeno è dovuto allo sviluppo di correnti differenti dallo stesso fattore generativo. Il concetto di "qualità normata" è nato negli Stati Uniti d'America durante il secondo conflitto mondiale per soddisfare le esigenze belliche della forza militare statunitense. Nacquero così le prime norme di qualità, le MILD (Militar standard), a cui l'industria bellica, per assicurare elevati livelli di qualità e affidabilità, doveva attenersi. Negli anni successivi al conflitto questa impostazione permise il germogliare del concetto di miglioramento continuo, che tuttavia non trovò comprensione ed applicazione nella patria natale, ma si sviluppò fortemente in Giappone. Qui le teorie di Deming, Juran e altri trovarono un terreno fertile e propizio, tanto da dare un notevole impulso alle politiche economiche del dopoguerra di questo paese e rendere possibile un confronto ed un attacco all'egemonia americana del mercato negli anni settanta. Fu così che anche l'Occidente si rese conto che la visione "Tayloristica" (catene di montaggio - riduzione dei tempi e dei costi) non era sufficiente a rendere competitivo il mercato e cominciò ad interessarsi alla filosofia della Qualità. Primi fra tutti a recepire questo messaggio furono il settore elettronico ed il settore automobilistico; quest'ultimo ha sviluppato in materia un proprio filone di normazione sfociato in ultimo nelle norme QS9000, generate da una convenzione tra General Motor, Crysler e Ford, poi applicate da altre case automobilistiche.
Di conseguenza o per imitazione anche altri settori si sono adeguati, talvolta anche per conformità ad obblighi di legge che hanno assimilato tali concetti, come nel caso del metodo H.A.C.C.P. (Hazard Analysis Critical Control Points) per il settore alimentare.
Tutto questo sviluppo di norme portava tuttavia più all'idea della "garanzia della qualità" ed ancora si discostava da quella del miglioramento continuo
Ora il mercato si mostra più esigente, con maggiore attenzione a quelle che sono le tipicità delle singole imprese. Ecco dunque la necessità di revisionare il parco normativo in materia di qualità per fornirne una versione concettualmente più consona alle esigenze del singolo e della collettività.
E' stata creata dunque una commissione tecnica ISO (ISO/TC176) che a partire dal 4° trimestre del 1997 fino alla fine del 1999 ha formulato prima una bozza di lavoro e quindi una bozza di valutazione per gli stati membri, che alla fine del 3° trimestre del 2000 si è concretata con la pubblicazione della Bozza Finale di Standard Internazionale per l'ultima valutazione e la pubblicazione per fine del 2000 della versione ufficiale delle ISO.
Questo lavoro vede la rielaborazione delle venti norme esistenti del gruppo ISO 9000, che andavano dalla definizione della terminologia, alla gestione per la qualità, ai metodi valutativi, in sole quattro:

- ISO 9000: Quality Management Systems – Concepts and vocabulary
- ISO 9001: Quality Management Systems – Requirements
- ISO 9004: Quality Management Systems – Guidelines
- ISO 10011: Guidelines for Auditing Quality Systems.

I quattro principali argomenti sui quali si è basata la revisione degli standard normativi sono stati i seguenti:

- le responsabilità della direzione (politica, obiettivi, pianificazione, gestione della qualità, analisi della gestione aziendale);
- risorse di gestione (risorse umane, informazione, formazione, "facilities")
- misura del processo (soddisfazione del cliente, progettazione, vendita, produzione)
- misura, analisi e miglioramento (audit, processi di controllo, miglioramento continuo).

Questo al fine anche di evitare che le aziende siano obbligate a cambiare il loro sistema di gestione per uniformarsi alla struttura delle norme ISO e renderne più facile l'assimilazione.

Le "ISO 9000- Vision 2000", così come sono state definite, hanno come obiettivi quello di essere rivolte ad ogni tipo di azienda ed applicazione, quindi non solo ad aziende manifatturiere, quello di essere compatibili con altre norme, quello di permettere una facile autovalutazione, ma soprattutto quello di richiedere che il programma aziendale dimostri un miglioramento delle prestazioni dell'organizzazione.
Questa azione mira a riallineare, dunque, il settore qualità ad altri, in particolare quelli della sicurezza e dell'ambiente, che avevano pienamente assimilato il concetto di miglioramento continuo basato su opportune valutazioni e programmazioni. Non sembra fuori luogo rammentare quanto richiesto dall'art.4 del D.Lgs. 626/1994, ovvero che sia effettuata un'esplicita valutazione del rischio e attuato uno specifico programma di misure preventive e protettive da parte del datore di lavoro atte ad aumentare il livello di sicurezza già raggiunto.
E' da notare che analogamente le "Vision 2000" identificano tra le responsabilità della direzione dell'organizzazione lavorativa, quelle di valutazione e definizione di obiettivi misurabili. La norma concretizza la possibilità del raggiungimento degli obiettivi qualificando questi come misurabili, cioè direttamente quantificabili.
Altro punto di similitudine con il D.Lgs. 626/1994 è la rilevanza che assume l'arricchimento professionale delle risorse umane (formazione/informazione), considerato di strategica importanza.
Dal punto di vista normativo si giunge dunque all'applicazione dello stesso principio, quello del miglioramento continuo, in campi differenti, ma con lo stesso tipo di metodica.

L'integrazione di sistemi, attuati e progrediti parallelamente, è ora resa più semplice ed anche l'implementazione congiunta di questi può risultare non solo più facile, ma anche più opportuna. Questo perché avendo una visione complessiva della situazione migliorativa aziendale, poiché tutti i sistemi prevedono una fase di valutazione/verifica, è possibile concentrare le risorse laddove risulti più vantaggioso ed evitarne sprechi.
Sembra questa un'evidente contraddizione con il concetto di Sicurezza- miglioramento della Sicurezza, che è sempre stato visto come un onere gravoso da cui difficilmente se ne possa trarre beneficio aziendale, al di là della tutela della salute e della sicurezza del singolo o della collettività. Alcuni esempi in cui Qualità –Sicurezza –Ambiente camminano di pari passo possono dare l'idea dell'esattezza del contrario.
Ad esempio si considerino lavorazioni che abbiano come risultato un prodotto a basso valore aggiunto, grandi volumi di materiale lavorato con necessità di utilizzo di un'elevata mano d'opera, come nel caso delle produzioni di componentistica elettrica: lo studio della riduzione dei tempi di produzione, attraverso la progettazione di postazioni e metodiche di lavoro più congrue si rivelano al tempo stesso un beneficio economico e un miglioramento della sicurezza del lavoratore.
Altro esempio può essere fornito dall'utilizzo nel processo di eventuali sostanze nocive, vista anche l'aumentata sensibilità dell'opinione pubblica sull'argomento, la sostituzione o la riduzione di queste può rappresentare un abbattimento dei costi di gestione, come eventuali smaltimenti, e una riduzione all'esposizione per il lavoratore, come potrebbero essere nella scelta di smalti per ceramica a basso contenuto di ossidi di metalli pesanti.
Altro ancora è il caso della presenza di inquinanti nocivi nelle materie prime in base al loro livello di qualità, come ad esempio il monomero di cloruro di vinile nel polivinilcloruro (PVC), una delle materie plastiche più diffuse, inficia al tempo stesso la qualità del prodotto e la sicurezza del lavoratore. Pertanto la scelta delle forniture di materie prime di elevata qualità, cioè con scarsi inquinanti, riscontra doppiamente l'apprezzamento del mercato poiché offre prodotti ad alte prestazioni e scarsa tossicità per l'uomo e l'ambiente.
Cicli di lavorazione in cui operano macchine obsolete, la cui efficienza in termini di produttività e sicurezza è relativamente bassa, possono essere riprogettati in modo da essere più efficienti in termini di produttività e meno impattanti sullo stato del lavoratore (in particolare in riferimento a stress e rumore come fonti di rischio).
L'identificazione di procedure lavorative chiare e puntuali, a cui il lavoratore è stato opportunamente formato, rappresentano un modo per ottenere allo stesso tempo efficienza produttiva ed evitano comportamenti non consoni alla situazione per quanto riguarda l'esposizione al rischio.

Conclusioni

La nuova normativa sulla qualità rende oggi possibile un connubio, auspicato più volte in passato, con altri sistemi di gestione, fornendo in tal modo la possibilità di notevoli spazi allo spirito di innovazione e di miglioramento. La fusione dei sistemi di gestione della Qualità con quello della Sicurezza non può che rappresentare un miglioramento organizzativo e di conseguenza essere fonte di prevenzione, essendo questa strettamente connessa alle attività procedurali.
Viste queste considerazioni è auspicabile un'attuazione di fatto di sistemi di gestione integrati Qualità- Sicurezza- Ambiente che facciano della prevenzione, intesa in senso lato (prevenire le esigenze del mercato, le esigenze socio- economiche della collettività, quelle del singolo lavoratore), uno strumento di reale competitività per l'azienda. Sistemi che, vista la particolarità, dovranno e potranno essere valutati solo da verificatori altamente qualificati (audit di ente terzo)
A tal proposito si colloca, con appropriato tempismo, l'iniziativa di incentivare la prevenzione in materia di sicurezza nelle Piccole e Medie Imprese (PMI) da parte dell'I.N.A.I.L., secondo quanto disposto dal regolamento attuativo dell'art. 23 del D.Lgs. 38/2000.

Questa iniziativa, che prevede finanziamenti per programmi che dispongano la modifica o la reingegnerizzazione di macchine, impianti, processi, di lay-out o l'implementazione di sistemi di gestione aziendale per quanto concerne la sicurezza, l'adeguamento dell'informazione e della formazione alle nuove tecnologie, rappresenta un momento di vitale importanza per l'iniziativa d'impresa che voglia realizzarsi in forma attiva, e offre uno spunto rilevante all'applicazione di quel principio filosofico del Total Quality Management: soddisfazione del cliente esterno e di quello interno all'azienda (il lavoratore).
Fondamentale è il ruolo valutativo interpretato dall'Istituto di questa "progettazione della sicurezza", ciò anche in merito alle competenze e professionalità da esso rappresentate, che può tradurre questa in vantaggi sia per il lavoratore che per l'azienda, favorendo progetti di ampia visione che possano anche considerarsi modelli attuabili per vasti settori.
La professionalità espressa dall'I.N.A.I.L., attraverso i propri ruoli tecnici, in tal ambito lo vede positivamente confrontato con una realtà europea in continua evoluzione e in tal modo lo pone precursore nel dare maggiore rilievo all'aspetto preventivo della sicurezza, anche economica, del lavoratore.

BIBLIOGRAFIA

Deming W.E.: L'impresa di qualità, Isedi, Torino 1989

Ishikawa K.: Che cos'è la qualità totale – Il modello giapponese, Il Sole 24 Ore Libri, Milano 1992

Juran J.M.: La perfezione possibile, Ipsoa, Milano 1989

Feigenbaum A.: Total quality control, Mc Graw-Hill, New York 1983

ISO 9000 + ISO 14000 NEWS: "ISO 9000 revisions: Draft International Standards expected in 4Q 1999", Vol.8, No3 May/June 1999 (ISSN 1018-6638)

UNI EN ISO 9001(1994): "Sistemi qualità. Modello per l'assicurazione della qualità nella progettazione, sviluppo, fabbricazione, installazione ed assistenza", Ente Nazionale Italiano di Unificazione

UNI EN ISO 9004-4(1995): "Gestione per la qualità ed elementi del sistema qualità. Guida per il miglioramento della qualità", Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

Decreto Legislativo 626, 19 settembre 1994: Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/65/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro (suppl. ord. G.U. n°104 del 6/5/1996)

I.N.A.I.L.: Regolamento di attuazione del Decreto Legislativo n° 38/2000, art. 23 "Programmi e progetti in materia di sicurezza ed igiene sul lavoro"

ISO/DIS (Draft International Standard) 9001:2000 "Quality management systems – Requirements"

L'IMPORTANZA DI UNA CORRETTA VALUTAZIONE DEL RISCHIO NELLE DECISIONI DI BONIFICA DI SITI CON AMIANTO INTERRATO

*D. Andretta**
* INAIL - Direzione Regionale Piemonte - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

La scelta di porre in atto una bonifica da amianto spesso non è basata su criteri tecnico-scientifici corretti e rigorosi ma, su scelte stereotipate suggerite da emozionalità di massa sulla scia del clamore montato intorno all'argomento ed alla reale pericolosità dell'amianto, in piena difformità rispetto ai dettami del DPR 06/09/1994. Esempio classico è la scelta di bonifica di un sito con amianto interrato abusivamente, dove considerazioni geologico-tecniche più o meno sofisticate ma, pur sempre necessarie, consentirebbero scelte meno "impattanti" per l'ambiente e meno costose con molta probabilità. Nel lavoro si esaminano, sommariamente, concetti noti agli specialisti della ingegneria geotecnica senso lato, che permettono di caratterizzare il così detto "near field" o intorno prossimo del deposito e le caratteristiche del "far field" e cioè le condizioni dei sistemi ambientali potenzialmente interessati dal deposito stesso. Tutto questo al fine di progettare un "geological disposal", cioè una delle opzioni considerate universalmente "sicure" per la dismissione di rifiuti ad alta pericolosità quali gli HLRW (rifiuti radioattivi ad alta attività) e che conducono a quella chela comunità scientifico-tecnica internazionale conosce come "green option" che se è ritenuta valida per gli HLRW è di numerosi ordini di grandezza più sicura per depositi di amianto anche in eventuale alta percentuale di fibra libera.

Introduzione

Recentemente in svariate occasioni di discussione sulle tematiche connesse alla utilizzazione dell'amianto abbiamo assistito ad assise allargate a componenti della società con scarsa, o peggio giornalistica, preparazione sulle tematiche trattate. Quel che è peggio è che tutto sembra orientato alla definizione di conclusioni preordinate e di tipo meramente politico con scarso o nullo contenuto scientifico. Il metodo Galileiano è stato sostituito dalla interpretazione di ipotesi (non di dati) al fine di sostenere un teorema politico a sfondo "sociale" con forte ricaduta clientelare (si pensi alle scarsamente note e tristi vicende dei benefici pensionistici per esposizione all'amianto, nelle quali si incrociano con grande confusione problematiche politiche e scientifiche con interpretazioni e conclusioni che nella migliore delle ipotesi denotano una certa stanchezza mentale degli estensori ma che tutte portano alla conclusione,tramite l'uso del sillogismo socratico, che l'amianto è un Killer spietato).
Il caso amianto è un esempio fra i più interessanti di autofertilizzazione di una classe tecnica (scarsamente scientifica) che, conscia delle necessità di budget, definisce supporti per scelte politiche orientate a decisionismi mascherati dal "sociale" ed orientati all'acquisizione fondamentale del consenso, o meglio del maggior numero di voti possibili allo scopo del mantenimento della posizione acquisita (la famosa poltrona). Apoteosi di questa filo-

sofia si è avuta nella presentazione orgogliosa e trionfalistica di attività di rimozione di amianto interrato in un sito di dismissione abusiva ("Amianto oltre il 2000"; 5-7 Ottobre Castellammare di Stabia).

Discussione

In Tutte le questioni inerenti a rischi ambientali con implicazioni sanitarie e non, occorre eseguire valutazioni serie e corrette basate su conoscenze scientifiche solide e su capacità di progettazione fondate su analisi quantitative rigorose e non emotivamente sfruttate sull'onda di suggestioni di massa scriteriatamente alimentate e che regolarmente conducono a percezioni di stragi di massa o catastrofi similari.
Ad esempio nella gestione del problema "depositi interrati di materiali contenenti amianto", la caratterizzazione geologico-tecnica del sito è di fondamentale importanza per la scelta della strategia da seguire che, soltanto in alcuni improbabili casi, dovuti alla improbabile presenza di terreni classati con porosità "infinita" o litotipi fortemente fratturati ad elevatissima permeabilità consentono peculiari comportamenti di filtrazione dinamica che non conducono all'auto intasamento delle "cavità connesse" (notissimo problema –alle persone competenti- del "self sealing") ad opera delle fibre di amianto liberatesi e presenti nel deposito e tutto ciò, per giunta, in eventuale connessione a sistemi idraulici ad elevato flusso energetico (cosa assai rara nei sistemi idrogeologici) che tra le altre cose trasportano particolati di varia natura mineralogica e che possono interagire con le fibre sia meccanicamente sia per fenomeni elettrochimici, aumentando così la possibilità di formazione di aggregati di dimensioni molto più grandi delle porosità caratterizzanti il sistema acquifero o di frangia capillare. C'è inoltre da aggiungere che la dinamica di liberazione di fibre specie nei casi di pezzami di cemento-amianto o manufatti contenenti amianto in ambiente sotterraneo non ha cinetiche elevate e tali da liberare enormi quantità fibre (specialmente regolamentate).
E' da lungo tempo, ormai, che la comunità scientifica internazionale si dedica allo studio dei fenomeni sistemici di caratterizzazione dei siti per il "*geological disposal"* di rifiuti ad alta pericolosità (ad esempio rifiuti radioattivi ad alto livello di radioattività HLRW); ed è conoscenza acquisita e fortemente supportata e replicabile, quella che consente di considerare plausibile, al di là di ogni dubbio circa le condizioni al contorno sia per il breve che per il lungo (geologico) periodo, *l'opzione seppellimento (geological disposal).*
Se quindi il geological disposal per gli HLRW (ben più potenzialmente mobili delle fibre di amianto) appare un opzione "sicura" di gestione di rifiuti fortemente pericolosi. Tutto ciò basato, ovviamente, su un potentissimo set di esperienze scientifico tecniche svolte a tutti i livelli istituzionali dalla comunità scientifica internazionale (progetto MIRAGE EC, che consta di migliaia di pagine di rapporti e pubblicazioni uscite sulle più prestigiose riviste scientifiche internazionali). Sembra, quanto meno, opportuno seguire vie meno "preordinate" e verificare, in prima istanza, se un deposito anche abusivo di amianto, anche in fibra libera, sia da rimuovere o meno, ed eventualmente studiare le strategie tecniche di confinamento in situ e controllo futuro.
Per contro, gli operatori del mondo " amianto" se si trovano di fronte ad un sito di interramento vengono colti da necessità impellenti, e generalmente molto costose, nonché pericolose, di rimuovere disseppellendo il tutto; per poi,... "che fare"? (Lenin)... Nella generalità dei casi andare di nuovo a seppellirlo!!!
La necessità di mantenere alto il livello di attenzione rispetto alle tematiche amianto porta i solerti tecnici ad individuare nei depositi seppelliti di materiali contenenti fibre ascrivibili all'amianto, un pericoloso elemento di "certa" contaminazione di aria (come questo avvenga non

è ben chiaro) ed acque che filtrando nei sistemi idraulici sotterranei porterebbe con se in "terribili concentrazioni" le famigerate fibre.
Le dinamiche che agiscono nel sottosuolo per la movimentazione di solidi dispersi nei fluidi sono piuttosto complesse ma, sono queste che sopra intendono alla reale possibilità di mobilizzazione di fibre, o più spesso aggregati di fibre, che hanno dimensioni "enormi" rispetto alla dimensione dei pori che caratterizzano la maggioranza dei sistemi acquiferi nei quali avvengono le dinamiche idrauliche. Nella tabella dei parametri cinematici e dinamici sono riportati i principali di questi che occorre calcolare per raggiungere nozioni "serie" sulla possibilità, invero scarsa, di moto delle fibre.

PARAMETRI CINEMATICI

u: velocità di un fluido rispetto a un limite solido fisso
u_m: velocità media
u_*: velocità del flusso vicino al limite fisso $= \sqrt{\tau/\varrho}$
H, h: profondità della corrente o altezza generica
β: angolo di pendio
$S = tg\,\beta = \beta$ per β piccolo: gradiente topografico
λ, L: lunghezza di struttura, lunghezza d'onda, distanza tra creste di *ripple* ecc.
D, d: diametro di particelle solide
x: direzione di flusso
y: direzione normale al flusso e verticale (o normale all'ID)
ID: interfaccia deposizionale
C: concentrazione volumetrica o addensamento delle particelle solide
N: porosità = volume interstizi/volume totale sedimento × 100

PARAMETRI DINAMICI

ϱ: densità del fluido
ϱ_s: densità delle particelle solide
ϱ_f: densità del fango o matrice
F: forza
F_g, F_G: forza di gravità
Ft: forza o resistenza tangenziale (taglio)
F_N: forza normale
P: pressione dispersiva intergranulare o collisionale (si considera di solito la sua componente verticale, opposta a F_g)
τ: pressione tangenziale o di taglio, resistenza al taglio specifica (per unità di superficie)
τ_c: soglia o valore critico di τ
c: coesione
C_a: coefficiente di attrito generico
φ: angolo di attrito solido
$tg\,\varphi$: coefficiente di attrito solido
} statico o dinamico (collisionale)
T_s: tasso o velocità di sedimentazione
W: potenza della corrente (ML^2T^{-3})
ω: potenza specifica (per unità di area del fondo: MT^{-3})

Figura 1

Come è anche evidente dal diagramma di Hjulstrom riportato occorre avere, in un fluido libero, dimensioni ed energie opportune per l'erosione ed il trasporto dei grani.

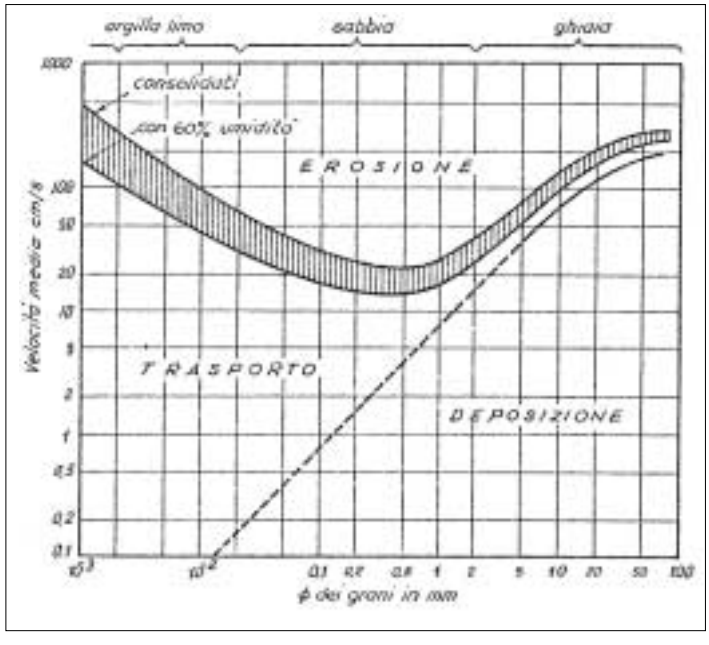


Figura 2: Erosione (in alto) e trasporto (in basso) come funzione del diametro dei grani e della velocità dell'acqua. Scale logaritmiche. (Hjulström, 1935).

Tali condizioni divengono estremamente più restrittive in ambiente confinato di acquifero o di frangia di capillarità, nel quale dovrebbe avvenire la movimentazione delle fibre che come si vede dalle figure e dalla foto al SEM, sia per fenomeni di aggregazione semplice che colloidale tendono ad assumere morfologie per aggregazione od anche orientamenti che immobilizzano il sistema impedendo la mobilità di fibre e particelle.

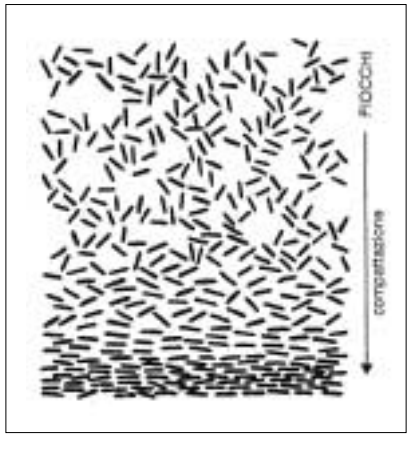


Figura 3: Struttura semplificata di un gel appena flocculato e via via più costipato.

Figura 4: Microfotografia elettronica di particelle di terrazze di caolinite.

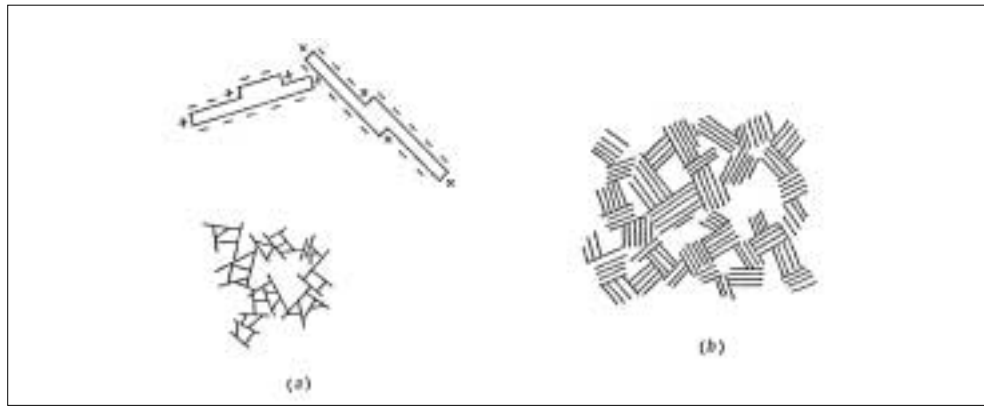


Figura 5: (a) Disposizione spigolo contro faccia di particelle lamellari di argilla e loro combinazione in fiocchi.
(b) Fiocchi di particelle di argilla a disposizione parallela.

Persino nel caso delle ghiaie grossolane e sciacquate di ambiente ad elevato flusso energetico, il quale rappresenta un "*Worst case*" fra i peggiori che si potrebbero avere, se esistono trasporti solidi nelle cavità, troveremo terre di differente granulometria che "intasano" il sistema idraulico nel quale se restassero classate e sciacquate potrebbe avvenire con facilità, in questo caso, il movimento di eventuali fibre. Le realtà geologiche sono generalmente estremamente più variegate e caratterizzate da terreni misti eterometrici ed eteromittici (ciò è di fondamentale importanza se si pensa che differenti dimensioni consentono incastri, embriciature e disposizioni spaziali -impacchettamenti- che riducono la porosità efficace ed inoltre in dipendenza delle differenze di caratteristiche geo-meccaniche per fenomeni quali la collisione fra ciottoli e grani si producono particolati che contribuiscono ad intasare il sistema –fenomeno della filtrazione-). Questa situazione di eterogenicità è evidente nell'altra foto riportata, dove il ragazzo dà le dimensioni dell'affioramento, che rappresenta uno spaccato di ciò che spessissimo abbiamo nel sottosuolo di un deposito.

Figura 6

Ancora più spesso comunque ci troviamo di fronte a situazioni di *flaser* (cioè livelli di granulometria variabili dal fino al finissimo che oltre ai fattori dinamici ci pongono ulteriori impedimenti di natura chimico fisica realizzando delle vere e proprie *geochemical fence (-barriere geochimiche-* come è possibile osservare nelle figure delle argille di Orte*),*

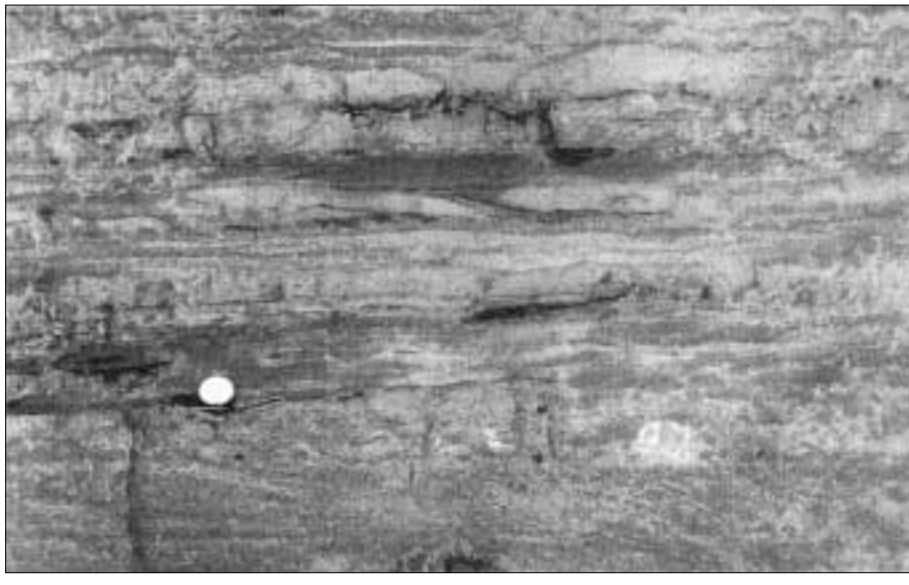


Figura 7

Figura 8

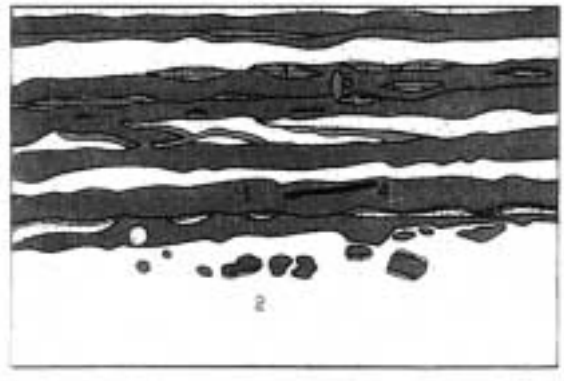


Figura 9: Cava di Orte - Lazio.
Intercalazioni di livelli sabbiosi e argillosi di ambiente deltizio

LEGENDA
1 - argille
2 - sabbie
3 - marne
4 - resti di carbone e legni
5 - impronte di anellidi

NOTE

L'ossidazione interessa le lenti marnose e sabbiose, comprese le tracce di organismi escavatori che attraversano le argille.
Le argille sono inalterate in condizioni riducenti.

Figura 9

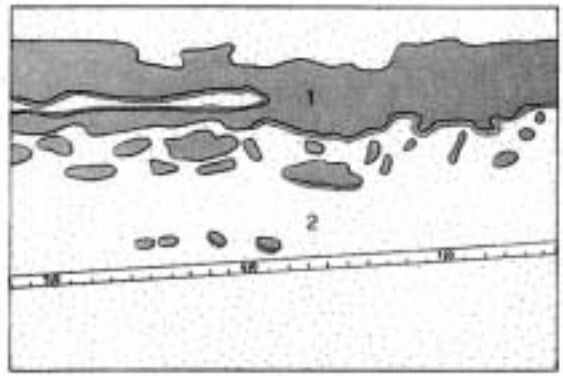


Figura 10: Cava di Orte - Lazio.
Frammenti di argilla dispersi nei livelli sabbiosi ossidati

LEGENDA
1 - argille
2 - sabbie

NOTE

Frammenti molto piccoli di argille mantengono le originarie condizioni riducenti all'interno delle sabbie ossidate.

Figura 10

che producono variazioni repentine delle condizioni red-ox condizionando così la chimico-fisica dei sistemi naturali che divengono trappole per ioni e zone di genesi di associazioni o paragenesi mineralogiche (es. "hard pan" ferrosi) complesse che costituiscono esse stesse barriere di permeabilità estremamente limitata, si pensi ad esempio alla genesi di livelli di minerali argillosi (ad es. Montorillonite, Vermiculiti o Sepioliti) derivanti dalla transizione di altre specie

minerali presenti nelle terre costituenti l'insieme geologico. Ma, ancora più frequente è la bassissima permeabilità dei terreni, il calcolo della quale risente di numerosi parametri, come è evidente dalla tabella delle formule per la determinazione della permeabilità. Il fatto stupefacente è che tale calcolo è la *conditio sine qua non* per la movimentazione delle particelle solide nel sistema idraulico.

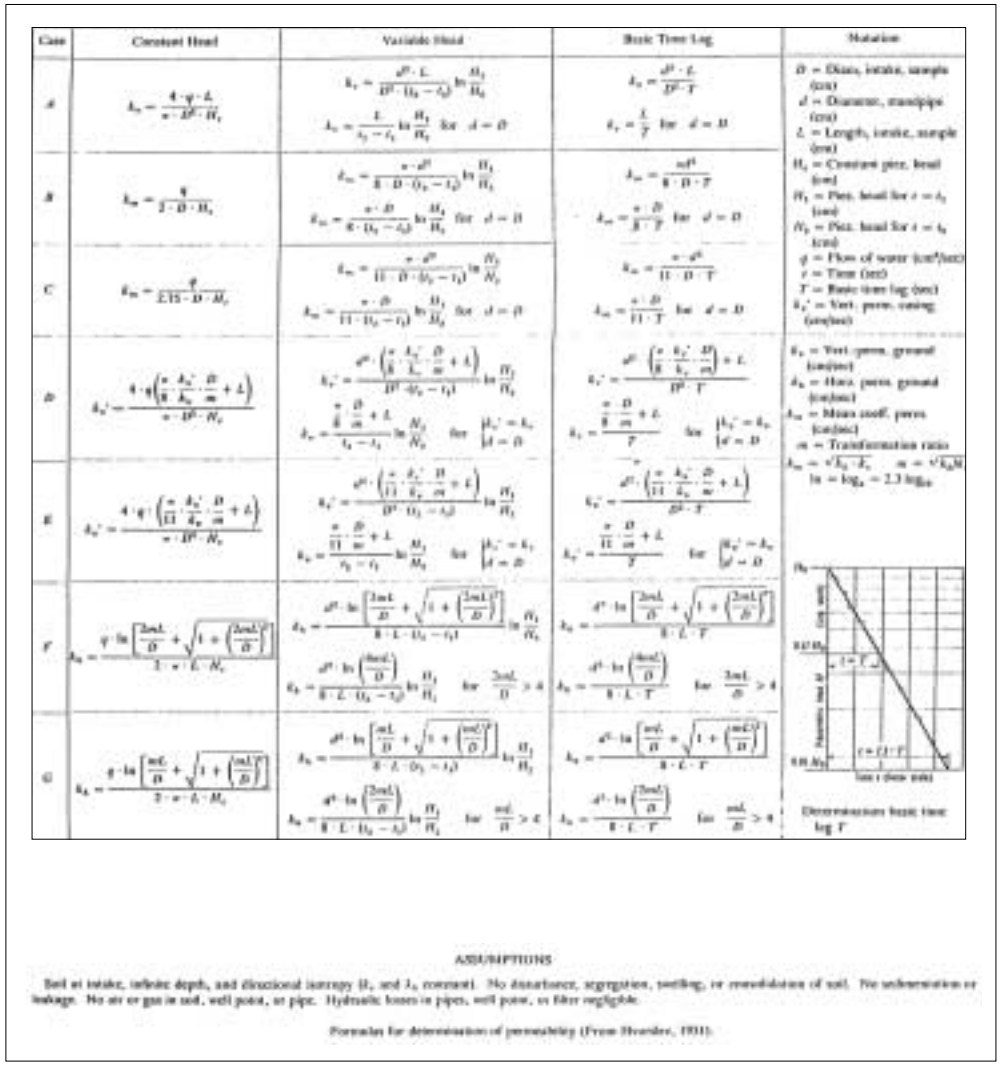


Figura 11

Dal grafico delle permeabilità per diversi tipi di terreni si vede che anche per granulometrie omogenee solo in alcune condizioni si hanno indici dei vuoti elevati e permeabilità elevate (ciò perché ad una elevata porosità non sempre, anzi anche raramente, corrisponde una elevata porosità efficace che è la condizione fisica fondamentale per l'elevata permeabilità dei terreni).

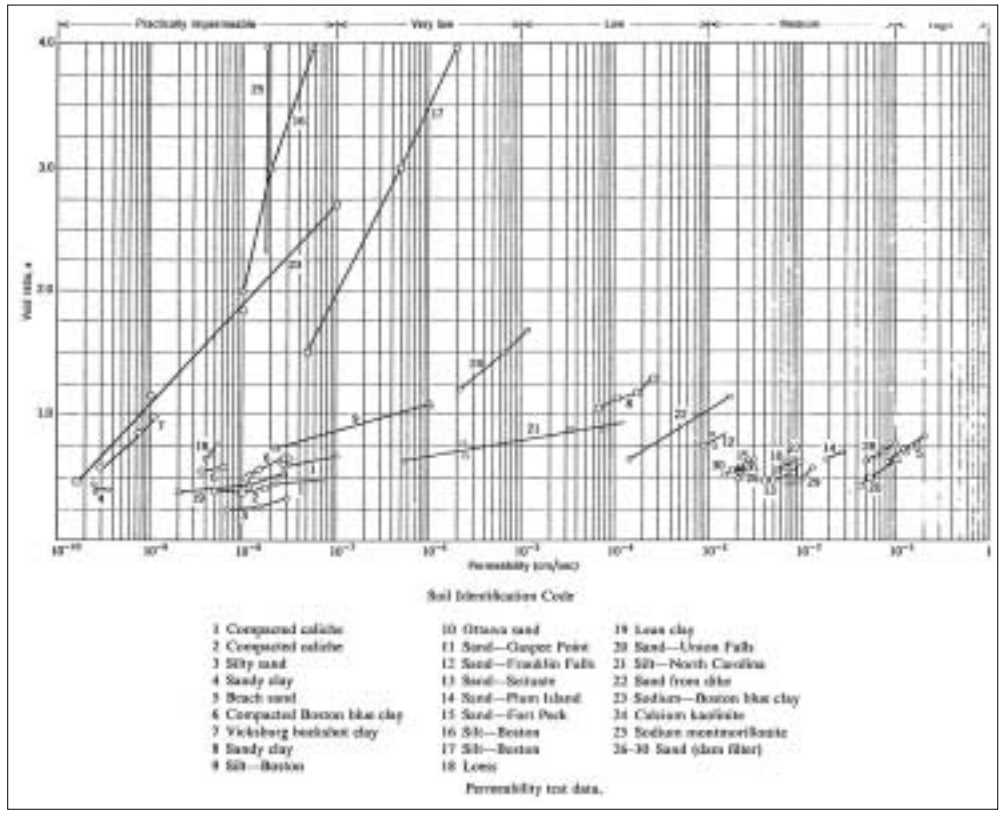


Figura 12

L'applicazione di metodi di rilevamento geologico-tecnico e l'applicazione di algortimi di calcolo come quelli di Chézy, Shields e determinazioni del numero di Fraud con la realizzazione di profili di velocità come quelli sinteticamente evidenziati nella figura consentirebbero di determinare la "rimuovibilità" delle fibre e quindi l'effettiva possibilità di dispersione in relazione ad isoconduttive del sistema idraulico e caratterizzazioni sofisticate del sistema da attraversare.

1. $\overline{u} = C_1\sqrt{HS}$
2. $\tau = C_2 \cdot \overline{u} = C_4 \cdot HS$

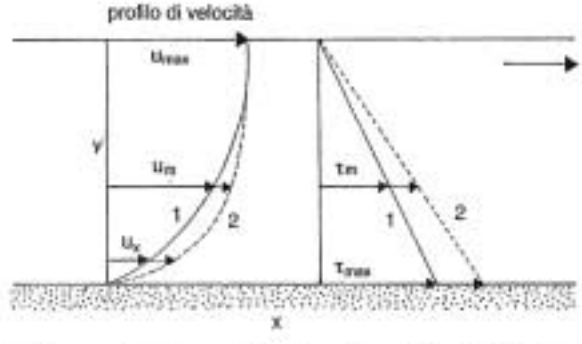
Equazioni di Chézy per flusso in canali aperti

3. $\tau = C_3 d^n(\varrho_s - \varrho)gd$

Equazione di Shields: determina la soglia di rimozione, ovvero il τ_c di una particella fissa al fondo. C_1, C_2, C_3 sono coefficienti inglobanti vari fattori tra cui gli attriti.

4. $F_r = \dfrac{\overline{u}}{\sqrt{gH}}$

Numero di Froude (rapporto tra forze inerziali e di gravità); il valore critico separa il flusso subcritico (regime «inferiore» tranquillo) dal flusso supercritico (regime «superiore»)



– Profili di velocità u e pressione tangenziale τ in un flusso bidimensionale (sezione verticale). Ogni punto lungo y rappresenta un valore medio (stazionario se fisso nel tempo). 1) flusso laminare; 2) flusso turbolento; u e τ_m, valori medi rispetto alla profondità y; u_x, velocità presso il limite. Si noti che il profilo di velocità può cambiare anche lasciando invariata u_{max} presso la superficie; la forza esercitata dalla corrente sul fondo non dipende perciò semplicemente da u_{max} o u_m. Inoltre, u_x cambia più di u_m al variare del profilo.

Figura 13

Tutto questo, opportunamente modificato per le peculiari condizioni dell'idraulica sotterranea dei sistemi acquiferi.

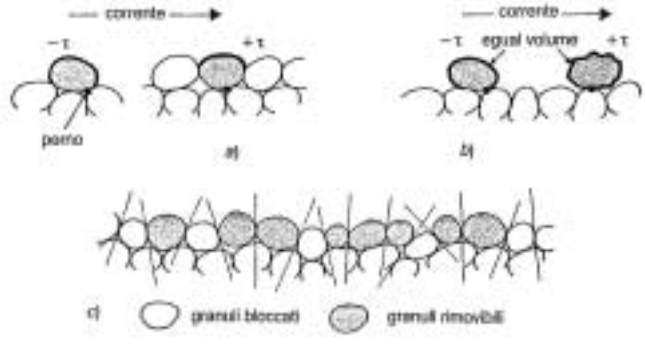


Figura 14: La rimovibilità dipende dalla geometria del singolo granuo *(a)* e da quella del suo interno *(b, c)*. Lo stesso grano *(a)* può trovarsi in situazioni diverse: più facilmente rimovibile (- τ, cioè soglia minore) o meno (+ τ). In *b)* i due granuli in grigio differiscono solo per la superficie (più scabra e di area maggiore in quella di destra) mentre hanno lo stesso peso. In *c)* i granuli bloccati sono quelli per cui le tangenti ai contatti laterali divergono verso il basso (la spiegazione analitica è complicata, ma è sufficiente una intuitiva basata sul concetto di perno). (Da Yalin, 1972; modificato).

Ciò consentirebbe di avere più complete e corrette valutazioni del rischio sulle quali basare scelte di gestione delle problematiche da interramento di amianto, per le quali il disseppellimento e la rimozione sono "l'ultima spiaggia" relativamente a condizioni estremamente sfavorevoli e, in base al ragionamento testé sinteticamente esposto, estremamente poco probabili!

Conclusioni

Concludendo sembra quanto meno plausibile che in presenza di un deposito interrato , ancorché abusivo, di amianto si proceda alla definizione degli interventi da porre in essere mediante la determinazione sperimentale dei parametri idrogeologici e geotecnici caratterizzanti un sito sia nelle immediate vicinanze del deposito (caratterizzazione "near field"), sia nelle parti più distali e geologicamente sensibili alla problematica dell'eventuale rilascio di fibre e contaminazione dei terreni e delle acque circolanti nei sistemi acquiferi locali interconnessi ed i loro rapporti con i sistemi definibili regionali. La sperimentazione dovrebbe prevedere prove in situ mediante terebrazioni o prove penetrometriche o determinazioni mediante apparati tipo "envirocone" e/o combinazioni di queste; nonché attività sperimentali di laboratorio su campioni indisturbati o modellli di riproduzione delle condizioni locali dei terreni, mediante celle triassiali opportunamente modificate o edometri modificati o meglio con l'utilizzazione di camere sperimentali di calibrazione; strumentazioni queste che consentirebbero con opportune condizioni al contorno di caratterizzare il sistema in condizioni parametriche controllate e riproducibili e che consentirebbero di studiare i fenomeni di filtrazione ed eventuale rilascio di fibre non già per assunzione ipotetica ma basandosi su dati quantitativi. Si può sperare che i solerti operatori della rimozione, del variegato mondo degli "esperti" amiantisti possano apprendere, da questo modesto contributo, che esistono scienze avanzate che consentono tra l'altro di progettare soluzioni varie e valide (diaframmi di impermeabilizzazione, barriere di filtrazione selettiva, sistemi di pozzi drenanti per la depurazione e re-immissione in acquifero etc.) che forse sono meno costose, meno pericolose ed anche più,...perché no?, "*Politically correct"!!!!*

Figura 15

FORMAZIONE IN MATERIA DI SICUREZZA E IGIENE DEL LAVORO NEI CORSI DI STUDI UNIVERSITARI DI INGEGNERIA DELL'AMBIENTE, DEL TERRITORIO E DELLE RISORSE

*G. Massacci**
* DIGITA - Dipartimento di Geoingegneria e Tecnologie Ambientali - Università degli Studi di Cagliari.

RIASSUNTO

Gli studi universitari di ingegneria in Italia sono stati oggetto di importanti innovazioni nel corso dell'ultimo decennio. Nel 1990 venne istituito il corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, affiancandolo ai corsi di laurea tradizionali già esistenti e conferendogli un'analoga articolazione, che prevedeva un quinquennio di studi basato su un'ampia formazione di base (prevalentemente assicurata dal primo biennio), seguita dalla formazione nelle materie ingegneristiche di base e specifiche dell'ingegneria ambientale e territoriale, ed infine dai corsi a carattere specialistico (d'indirizzo). Pochi anni dopo veniva varato il Diploma Universitario in Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse, di durata triennale. Un ulteriore processo di innovazione, di vasta portata, del sistema universitario italiano è stato attivato a partire dal 1996 mediante una pluralità di provvedimenti legislativi e amministrativi tuttora in fase di completamento, mentre si può considerare appena iniziata la fase di realizzazione effettiva presso gli atenei. In particolare è stata definita l'articolazione dei corsi di studio su due cicli principali e successivi, di cui il primo - di durata triennale - per il conseguimento della laurea, e il secondo - di durata biennale - per il conseguimento della laurea specialistica. La memoria delinea l'attuazione della riforma presso l'Ateneo di Cagliari, sottolineando in particolare l'evoluzione dell'offerta formativa rivolta agli allievi ingegneri in materia di sicurezza e igiene del lavoro e dell'ambiente.

1. I corsi di studio universitari italiani nell'area dell'ingegneria dell'ambiente, del territorio e delle risorse

Gli studi universitari di ingegneria in Italia sono stati oggetto di importanti innovazioni nel corso dell'ultimo decennio. La disciplina dei corsi di studio universitari venne riformata con la L. 341/90, che prevedeva un regime dei titoli di studio relativamente uniforme su tutto il territorio nazionale sia per le tipologie di titoli sia per l'architettura dei curriculum [1].
I manifesti degli studi erano infatti vincolati al rispetto di un ordinamento didattico relativamente rigido, stabilito su base nazionale. I titoli previsti comprendevano:

- corsi di diploma universitario di durata di due o tre anni, collocati, di norma, in parallelo rispetto ai corsi di laurea;
- corsi di laurea di durata da quattro a sei anni;
- corsi di specializzazione successivi alla laurea, di durata non inferiore ai due anni;
- corsi di dottorato di ricerca, successivi alla laurea (od anche alla specializzazione) di durata almeno triennale.

Nel quadro suddetto, nel 1990 è stato istituito il corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio (CL IAT), affiancandolo ai corsi di laurea tradizionali già esistenti e conferendogli un'analoga articolazione, che prevedeva un quinquennio di studi basato su un'ampia formazione di base (prevalentemente assicurata dal primo biennio), seguita dalla formazione nelle materie inge-

gneristiche di base e specifiche dell'ingegneria ambientale e territoriale, ed infine dai corsi a carattere specialistico (d'indirizzo). La legge istitutiva stabiliva altresì le cinque denominazioni degli indirizzi nei quali il corso di laurea avrebbe potuto, eventualmente, essere articolato (Ambiente, Difesa del Suolo, Georisorse, Geotecnologie, Pianificazione e Gestione del Territorio). Pochi anni dopo veniva varato il Diploma Universitario in Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse (DU IAR), di durata triennale, eventualmente articolato in orientamenti liberamente definibili dalla sede del DU.
L'attuale situazione relativamente alla distribuzione per sede e per corso di studi è rappresentata in tabella 1. Sono interessati 25 atenei e 36 sedi, nei quali sono attivati in tutto 15 corsi di DU IAR e 27 CL IAT.
Solo quattro sedi (Bologna, Cagliari, Roma "La Sapienza", Torino) propongono i cinque indirizzi. L'offerta didattica della sede di Cagliari è particolarmente ricca perché prevede, in aggiunta al corso di laurea, un corso di DU articolato in tre orientamenti.

2. L'ingegneria dell'ambiente, del territorio e delle risorse presso l'Ateneo di Cagliari

Il processo formativo presso la Facoltà di Ingegneria di Cagliari è tenuto sotto osservazione attraverso indagini conoscitive [2, 3, 4 e 5] relative agli aspetti più rilevanti (provenienza e caratteristiche d'ingresso, carriera universitaria, esperienze all'estero e di tirocinio, inserimento professionale, opinioni degli studenti e dei laureati o diplomati).
Presso la Facoltà di Ingegneria di Cagliari il CL IAT è stato istituito nell'A.A. 1990-91. Il numero annuo degli immatricolati si è stabilizzato intorno a 150. Il numero di laureati non raggiunge ancora i 40, ma è in crescita progressiva, in relazione sia al superamento dello sfasamento tra il momento dell'immatricolazione e quello del conseguimento del titolo (sotto questo profilo si è ormai a regime), sia soprattutto al recupero di efficienza del sistema: la durata media effettiva degli studi, sino a tempi recentissimi pari a circa 9 anni, oggi di circa 8 anni, è attualmente ancora in diminuzione.
Il DU IAR, a Cagliari, è stato attivato nell'A.A. 1993-94, con accesso a numero chiuso limitato a 40 candidati, dei quali 30 selezionati mediante prova d'ammissione e 10 riservati al passaggio dal corso di laurea quinquennale di studenti in difficoltà o comunque desiderosi di completare rapidamente gli studi. I risultati evidenziano tempi di studio relativamente rapidi: la grande maggioranza degli allievi consegue il titolo entro 4 o al più 5 anni (se si escludono i tempi di permanenza, talora molto prolungati, in corsi di laurea frequentati precedentemente, spesso con risultati scarsi o nulli).

3. Il nuovo ordinamento degli studi universitari nel settore dell'ingegneria dell'ambiente, del territorio e delle risorse

Un ulteriore processo di innovazione, di vasta portata, del sistema universitario italiano è stato attivato a partire dal 1996 mediante una pluralità di provvedimenti legislativi e amministrativi tuttora in fase di completamento, mentre si può considerare appena iniziata la fase di realizzazione effettiva presso gli atenei. I principali punti qualificanti riguardano la realizzazione dell'autonomia delle università, la qualificazione delle strutture e dei servizi, l'innovazione qualitativa della didattica e della ricerca, la riduzione dei tempi effettivamente necessari per il conseguimento dei titoli di studio, l'inclusione di tirocini formativi esterni alle università come parte integrante dei corsi di studio, l'internazionalizzazione del sistema attraverso l'incentivazione della mobilità - soprattutto europea - degli studenti, dei professori e dei ricercatori, l'impulso alle attività di autovalutazione, valutazione esterna e accreditamento delle università [1].
In particolare è stata definita l'articolazione dei corsi di studio su due cicli principali e successi-

vi, di cui il primo - di durata triennale - per il conseguimento della laurea, e il secondo - di durata biennale - per il conseguimento della laurea specialistica, cui si accede dopo il conseguimento della laurea, varando inoltre appositi percorsi formativi, di durata annuale, successivi al conseguimento del titolo di primo livello (laurea) o di secondo livello (laurea specialistica), per il perfezionamento scientifico e per l'alta formazione permanente e ricorrente (master universitario).
È stato inoltre adottato in via generalizzata il sistema dei crediti formativi, sia per misurare la quantità di lavoro effettivo di apprendimento richiesto allo studente in ciascun corso di studio, sia per assicurare la mobilità degli studenti fra i diversi percorsi formativi all'interno dell'intero sistema universitario italiano ed europeo.

4. Il nuovo ordinamento degli studi universitari nel settore dell'ingegneria dell'ambiente, del territorio e delle risorse presso l'Ateneo di Cagliari

La riforma dell'ordinamento degli studi universitari ha aperto prospettive favorevoli per la Facoltà d'Ingegneria di Cagliari, in considerazione dell'esperienza di rinnovamento e di impegno continuo maturata negli anni immediatamente precedenti.
Nel contesto descritto è stato possibile avviare la riforma, attivando il corso di laurea (triennale) ed il corso di laurea specialistica (biennale). Nella sessione di laurea di luglio 2001 saranno licenziati i primi laureati triennali; il corso di laurea specialistica avrà inizio nell'anno accademico 2001-2002. Il Manifesto degli Studi per il corso di laurea triennale è riportato in appendice A.
È stato inoltre avviato il processo di autovalutazione, valutazione e accreditamento aderendo ad un'iniziativa sperimentale della CRUI (Conferenza dei Rettori delle Università Italiane) che ha visto coinvolti una decina di diplomi universitari di ingegneria di varie sedi e, unico corso di laurea di nuovo ordinamento, il CL IAT di Cagliari.
Il nuovo Manifesto degli Studi prevede una formazione articolata su una solida e ampia base comune, seguita da un numero relativamente limitato di discipline professionalizzanti, differenziate per i cinque indirizzi previsti (Ambiente, Difesa del Suolo, Geoingegneria, Georisorse, Pianificazione e Gestione del Territorio).

5. Evoluzione della formazione in materia di sicurezza e igiene del lavoro e dell'ambiente

Nell'A.A. 1992-93 venne acceso, inserendolo nel Manifesto degli Studi del CL IAT di Cagliari, il corso di Sicurezza e Difesa Ambientale nell'Industria Estrattiva che dall'A.A. 1994-95 assunse l'attuale denominazione di Sicurezza del Lavoro e Difesa Ambientale (SLDA). Il corso di SLDA è materia obbligatoria per gli allievi dell'indirizzo Ambiente e opzionale per gli allievi degli altri indirizzi e mira ad assicurare sia una formazione generale in materia (principi generali di sicurezza, rischio, prevenzione), sia una preparazione più specifica in riferimento agli agenti di rischio per la sicurezza e per la salute più rilevanti (infortunistica, rumore, vibrazioni, agenti chimici ed in particolare aerodispersi, rischio elettrico).
A partire dall'A.A. 1997-98, dando immediato seguito all'emanazione del D. Lgs. 494/96 (*Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili*) il corso di SLDA è stato strutturato con le caratteristiche di durata (120 ore) e contenuti specificate dal decreto.
Nel nuovo ordinamento degli studi la materia è suddivisa in due moduli didattici da 60 ore (6 crediti) ciascuno, con svolgimento dell'attività didattica rispettivamente nel 1° e nel 2° semestre; il primo modulo è incluso nel Manifesto degli Studi come materia fondamentale (obbligatoria) per il corso di laurea triennale, mentre il secondo è opzionale e può essere inserito facoltativamente nel piano di studi sia dagli studenti del corso di laurea triennale, sia dagli allievi

del successivo corso di laurea specialistica.
Il superamento degli esami di entrambi i moduli (o di un unico esame complessivo per gli studenti del vecchio ordinamento quinquennale) consentirà agli studenti di conseguire, già durante lo svolgimento degli studi universitari, la preparazione richiesta come uno dei requisiti professionali necessari a svolgere la funzione di *coordinatore in materia di sicurezza e salute durante la progettazione* e di *coordinatore in materia di sicurezza e salute durante la realizzazione delle opere*.
Il programma sintetico dei due corsi è riportato in appendice B. Il primo modulo mira a trasmettere la consapevolezza sui seguenti aspetti fondamentali:
La sicurezza assoluta non è in generale perseguibile e il rischio è inevitabilmente connesso alle attività umane e produttive in particolare, oltre che agli eventi naturali.
I rischi non eliminabili debbono essere valutati; la valutazione consente di giudicarne l'accettabilità e di definire le azioni da intraprendere.
Le valutazioni e l'assunzione di decisioni devono avvenire nell'osservanza dei valori etici (da riferire all'evoluzione socioculturale del contesto in cui si opera) e dei principi deontologici e nel rispetto della persona umana e dei beni ambientali.
Produzione, qualità, sicurezza, ambiente sono aspetti da affrontare in maniera integrata e non indipendentemente, secondo una logica gestionale.
Attraverso la parte speciale, che prevede lo studio approfondito di alcuni importanti agenti di rischio (agenti chimici, rumore, vibrazioni), l'allievo acquisisce le conoscenze e le capacità operative specifiche riferite alle misure strumentali, alla valutazione mediante calcolo, alla progettazione di interventi di bonifica, alla redazione di valutazioni d'impatto, ed inoltre una formazione generale sui rischi (origine, propagazione, effetti sull'uomo, valutazione, prevenzione e protezione) in un quadro logico e di principi facilmente estensibile ad altri agenti non specificamente trattati.
Il secondo modulo mira a consolidare la formazione degli allievi in materia di sicurezza del lavoro, con particolare riferimento ai rischi infortunistici, alle emergenze ed alla sicurezza nei cantieri delle costruzioni, rendendoli in grado di impostare la redazione di un Piano di Sicurezza e Coordinamento.

BIBLIOGRAFIA

[1] **La riforma dell'istruzione superiore in italia** (1996 - 1999). A cura del Sottosegretario di Stato prof. Luciano Guerzoni, settembre 1999.

[2] **Indagine sui laureati in IAT.** Università degli Studi di Cagliari, dicembre 1999.

[3] **Indagine sui diplomati in IAR.** Università degli Studi di Cagliari, dicembre 1999.

[4] **Sintesi dell'indagine sugli sbocchi occupazionali dei laureati nell'Università di Cagliari.** Università degli Studi di Cagliari, marzo 2000.

[5] **Dati sull'Ateneo Cagliaritano 1990-1999.** Università degli Studi di Cagliari, maggio 2000.

Tabella 1

Corsi di studi in Ingegneria dell'ambiente, del territorio e delle risorse in Italia (dati MURST, novembre 2000).

Ateneo	Sede	Diploma Univ. in Ing. dell'Ambiente e delle Risorse	Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio						
			Indirizzi						
		Orientamenti	Nessun indirizzo	Ambiente	Difesa del Suolo	Geotecnica	Geoidrologia	Pianificaz. e Gestione Territoriale	Vari
Un. Ancona	Ancona			■	■			■	
Pol. Bari	Bari	■							
	Taranto				■				
Un. Basilicata	Potenza			■	■			■	
	Matera								
Un. Bologna	Bologna	Risorse Ambiente		■	■	■	■	■	
Un. Brescia	Brescia		■						
Un. Cagliari	Cagliari	Geoingegneria Ingegneristico ambientale Pianif. e gestione territoriale		■	■	■	■	■	
Un. Calabria	Arcavacata di Rende (CS)	■		■	■			■	
Un. Catania	Enna		■						
Un. Firenze	Firenze								Monitoraggio ambientale Ambiente ed energia Territorio ed infrastrutture
	Prato	Ambiente Recupero del Territorio							
Un. Genova	Genova			■	■			■	
	Savona	Ambientale Territoriale		■	■			■	
Un. L'Aquila	Rieti			■	■				
Pol. Milano	Campus Leonardo - Milano		■						
	Cremona		■						
	Como	■							

segue: Tabella 1

Corsi di studi in Ingegneria dell'ambiente, del territorio e delle risorse in Italia (dati MURST, novembre 2000).

Ateneo	Sede	Diploma Univ.in Ing. dell'Ambiente e delle Risorse	Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio						
			Indirizzi						
		Orientamenti	Nessun indirizzo	Ambiente	Difesa del Suolo	Gestionale	Geotecnologie	Pianificaz. e Gestione Territoriale	Vari
Un. Napoli Federico II	Napoli			■	■			■	
Seconda Un. Napoli	Aversa		■						
Un. Padova	Padova			■	■			■	
Un. Palermo	Palermo	■		■	■			■	
Un. Pavia	Pavia								Rischio idraulico e geologico Qualita' dell'ambiente Rischio delle infrastrutture
	Mantova	■							
Un. Perugia	Perugia			■	■			■	
Un. Roma La Sapienza	Roma	■		■	■	■	■	■	
	Latina	■							
Un. Roma Tor Vergata	Roma		■						
Un. Salerno	Fisciano (SA)		■						
	Ancillao	■		■	■	■	■	■	
Pol. Torino	Torino	■		■	■	■	■	■	
	Mondovì		(biennio)						
Un. Trento	Mesiano di Povo				■				Gestione delle risorse ambientali
	Rovereto	■							
Un. Trieste	Trieste			■		■			
Un. Udine	Udine	Protezione idrogeologica Territorio Inquinamento e protezione ambientale							

APPENDICE A

Facoltà di Ingegneria – Università degli Studi di Cagliari - A.A. 2000-2001

Manifesto degli Studi del Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio – Nuovo Ordinamento

	Disciplina	Ore	Crediti
I semestre	Analisi Matematica I	60	6
	Geometria e Algebra	60	6
	Fisica Generale I	60	6
	Chimica	60	6
	Disegno	40	4
	Totale Crediti		**28**
II semestre	Analisi Matematica II	60	6
	Statistica matematica	50	5
	Fondamenti di informatica	40	4
	Topografia	50	5
	Fisica Generale II	60	6
	Totale crediti		**26**
III semestre	Geologia	50	5
	Idraulica	50	5
	Idrologia I	50	5
	Ingegneria degli scavi I	50	5
	Elettrotecnica	50	5
	Totale Crediti		**25**
IV semestre	Ingegneria sanitaria ambientale	50	5
	Principi di ingegneria chimica	50	5
	Geologia applicata	50	5
	Scienza delle costruzioni I	50	5
	Meccanica teorica e applicata	50	5
	Totale Crediti		**25**
V semestre	Pianificazione territoriale	75	7,5
	Geofisica applicata	50	5
	Geotecnica	50	5
	Sicurezza del lavoro e difesa ambientale I	60	6
	Materia di indirizzo	50	5
	Totale Crediti		**28,5**
VI semestre	Economia ed organizzazione aziendale	50	5
	Materia di indirizzo	50	5
	Materia di indirizzo	50	5
	Materia di indirizzo	50	5
	Materia di indirizzo	50	5
	Totale Crediti		**25**

Materia d'indirizzo per il V semestre (obbligatoria)			
Indirizzo	Materia	Ore	Crediti
Ambiente	Impianti di trattamento dei rifiuti solidi I	50	5
Difesa del suolo	Sistemazione dei bacini idrografici I	50	5
Geoingegneria	Opere in sotterraneo	50	5
Georisorse	Giacimenti minerari I	50	5
Pianificazione	Gestione delle risorse idriche	50	5
Obbligatoria per tutti gli indirizzi: prova di conoscenza di una lingua straniera			2

Materie d'indirizzo per il VI semestre – Indirizzo Ambiente			
	Materia	Ore	Crediti
Obbligatoria	Impianti di trattamento delle acque di rifiuto I	50	5
Obbligatoria	Acquedotti e fognature	50	5
Due discipline a scelta tra le seguenti:	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti	50	5
	Tecnica delle costruzioni I	50	5
	Recupero ambientale	50	5
	Sistemazione dei bacini idrografici I	50	5
	Scienza e tecnologia dei materiali	50	5
	Ingegneria del territorio	50	5

Materie d'indirizzo per il VI semestre – Indirizzo Difesa del Suolo			
	Materia	Ore	Crediti
Obbligatoria	Idrogeologia applicata	50	5
Tre discipline a scelta tra le seguenti:	Sistemazione dei bacini idrografici II	50	5
	Idraulica marittima	50	5
	Instabilità dei versanti	50	5
	Sismica applicata	50	5
	Costruzioni geotecniche	50	5
	Tecnica dei sondaggi	50	5
	Pedologia applicata	50	5
	Scienza e tecnologia dei materiali	50	5
	Regime e protezione dei litorali	50	5

Materie d'indirizzo per il VI semestre – Indirizzo Geoingegneria			
	Materia	Ore	Crediti
Obbligatoria	Tecnica delle costruzioni I	50	5
Obbligatoria	Costruzioni geotecniche	50	5
Due discipline a scelta tra le seguenti:	Laboratorio numerico delle materie a contenuto progettuale		5
	Coltivazione e gestione delle cave	50	5
	Recupero ambientale	50	5
	Tecnica dei sondaggi	50	5
	Sicurezza del lavoro e difesa ambientale II	60	6
	Sistemazione dei bacini idrografici I	50	5
	Scienza e tecnologia dei materiali	50	5
	Sismica applicata	50	5

Materie d'indirizzo per il VI semestre – Indirizzo Georisorse (ricerca e valutazione)			
	Materia	Ore	Crediti
Obbligatoria	Prospezione geomineraria	50	5
Obbligatoria	Valutazione delle georisorse	50	5
Due discipline a scelta tra le seguenti:	Caratterizzazione delle materie prime minerali		5
	Coltivazione e gestione delle cave	50	5
	Geologia e giacimenti delle fonti energetiche minerarie		
	Geochimica applicata alle georisorse		
	Rocce e minerali industriali	50	5
	Mineregrafia	50	5
	Mineralogia e petrografia applicata	60	6
	Ingegneria delle materie prime	50	5
	Tecnica dei sondaggi	50	5
	Scienza e tecnologia dei materiali	50	5

Materie d'indirizzo per il VI semestre – Indirizzo Georisorse (coltivazione e valorizzazione)			
	Materia	Ore	Crediti
Obbligatoria	Ingegneria delle materie prime	50	5
Obbligatoria	Arte mineraria	50	5
Due discipline a scelta tra le seguenti:	Caratterizzazione delle materie prime minerali		5
	Coltivazione e gestione delle cave	50	5
	Recupero ambientale		
	Impianti mineralurgici		
	Impianti minerari	50	5
	Rocce e minerali industriali	50	5
	Recupero delle materie prime secondarie	60	6
	Tecnica dei sondaggi	50	5
	Trattamento dei solidi	50	5
	Scienza e tecnologia dei materiali	50	5

Materie d'indirizzo per il VI semestre – Indirizzo Pianificazione			
	Materia	Ore	Crediti
Obbligatoria	Ingegneria del territorio	50	5
Tre discipline a scelta tra le seguenti:	Tecnica urbanistica	50	5
	Recupero ambientale	50	5
	Politiche urbane e territoriali	50	5
	Gestione urbana	50	5
	Analisi e valutazione ambientale	50	5
	Urbanistica	50	5
	Progettazione urbanistica	50	5
	Recupero e riqualificazione ambientale, urbana e territoriale	50	5
	Economia dell'ambiente	50	5
	Tecniche di analisi urbane e territoriali	50	5
	Laboratorio internazionale sul progetto ambientale	50	5
	Scienza e tecnologia dei materiali	50	5

Riepilogo dei Crediti maturati	ORE LEZIONE	CREDITI
Lezioni ed esercitazioni	1575	157,5
Conoscenza linguistica		2
A libera disposizione dello studente		9
Attività formative e/o laboratori		4,5
Prova finale		7
Totale Complessivo		**180**

APPENDICE B

Programmi sintetici dei corsi di

Sicurezza del Lavoro e Difesa Ambientale

Facoltà di Ingegneria – Università degli Studi di Cagliari - A.A. 2000-2001

1. Sicurezza del Lavoro e Difesa Ambientale I

Principi generali di sicurezza

Principi generali di tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori e delle popolazioni generiche. Sicurezza ambientale. Pericolo, rischio, sicurezza, prevenzione e protezione, esposizione. Agenti di rischio per la sicurezza, per la salute, trasversali. Fattori umani e formazione. Misure dirette, indirette, direttive. Principi e metodi di valutazione dei rischi. Basi legislative e normative della sicurezza del lavoro. Enti di tutela e vigilanza. Infortuni e malattie professionali. Valutazione del fenomeno infortunistico. Aspetti etici e deontologici.

Elementi di valutazione del rischio di incidente rilevante

Legislazione vigente. Analisi del rischio di incidenti rilevanti connessi alle attività industriali: rilascio di sostanze tossiche, esplosioni, incendi. Tecniche di analisi e valutazione dei rischi negli impianti industriali (Check list analysis, What-if analysis, Relative ranking, HAZOP analysis, albero dei guasti, albero degli eventi) esaminate attraverso applicazioni. Metodi indicizzati.

Agenti chimici

Nocività delle sostanze chimiche. Valori di soglia per la tutela dei lavoratori e della popolazione esterna. Etichettatura e schedatura delle sostanze pericolose. Inquinanti aerodispersi. Generalità su gas, vapori, polveri, fibre, fumi, aerosol. Strategie e metodiche di campionamento. Inalabilità, respirabilità e deposizione delle polveri nell'apparato respiratorio. Campionamento delle polveri totali e delle polveri respirabili. Aerodinamica e respirabilità delle fibre. Normative italiane in materia di fibre di amianto. Controllo della qualità dell'aria negli ambienti di lavoro. Ventilazione per diluizione negli ambienti di lavoro. Ventilazione con ricircolo dell'aria. Aspirazione localizzata degli inquinanti aerodispersi. Dispositivi di protezione individuale delle vie respiratorie.

Rumore

Richiami da corsi precedenti (fisica delle onde sonore, livelli, scala dei decibel, combinazione di livelli, spettri sonori). Psicoacustica. Effetti uditivi ed extrauditivi del rumore. Curve di ponderazione normalizzate. Ponderazione A. Strumentazione e modalità di misura. Variabilità del rumore nel tempo. Livello di pressione sonora continuo equivalente. Livello di esposizione personale. Il

rumore negli ambienti di lavoro. Dispositivi di protezione individuale dal rumore. Il rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno. Propagazione del rumore all'aperto e in ambienti chiusi. Interventi di bonifica acustica. Applicazioni al controllo del rumore negli ambienti di lavoro.

Vibrazioni

Effetti dell'esposizione a vibrazioni. Misura e valutazione delle vibrazioni trasmesse al corpo. Misura e valutazione delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio. Interventi di bonifica.

2. Sicurezza del Lavoro e Difesa Ambientale II

Basi legislative e normative della sicurezza del lavoro nei cantieri delle costruzioni

Legislazione sugli appalti. Legislazione in materia di sicurezza e salute. Leggi degli anni '50-'80. Leggi di derivazione europea. D. Lgs. 494/96. Attribuzioni e responsabilità delle figure professionali delineate dalle nuove norme. Norme tecniche. Andamento del fenomeno infortunistico per settori, con particolare riferimento al settore delle costruzioni. Indici di frequenza e gravità infortunistica. Statistiche sulle violazioni delle norme nei cantieri. Esame di casi reali di infortunio.

Piani di sicurezza nei cantieri delle costruzioni

Pianificazione e programmazione dei lavori: GANTT e PERT. Studio degli aspetti organizzativi finalizzato alla redazione del piano di sicurezza. Rischi derivanti dall'ambiente esterno. Analisi dei costi relativi alla sicurezza. Fascicolo.

Redazione di un piano di sicurezza e di coordinamento

Illustrazione di un caso. Proposta di una struttura di impostazione di Piano di Sicurezza. Criteri fondamentali di buona tecnica in riferimento alle più significative categorie di lavoro (scavi e movimenti di terra, demolizioni, movimentazione di materiali, opere provvisionali, sollevamento di persone, lavori in luoghi ristretti, ecc.). Esercitazione attiva consistente nella redazione di un Piano di Sicurezza e di un Fascicolo da parte degli allievi, discusso con il docente durante l'elaborazione.

Microclima e ergonomia

Benessere termico (richiami). Verifica delle condizioni microclimatiche degli ambienti di lavoro. Indici di carico di lavoro. Ergonomia del lavoro manuale: applicazione del metodo NIOSH alla movimentazione manuale dei carichi.

Rischio di esplosioni e incendi

Infiammabilità ed esplosività. Combustione con e senza fiamma. Prodotti della combustione. Rischio e profilo di incendio. Prevenzione. Sistemi di protezione passiva e attiva. Resistenza al fuoco delle strutture. Carico di incendio. Normative. Recipienti in pressione.

Sicurezza elettrica

Effetti fisiopatologici della corrente. Resistenza del corpo umano. Tensione di contatto e tensione di passo. Contatti diretti e indiretti. Il terreno conduttore elettrico. Resistenza di terra. I potenziali del terreno. Dispersori in parallelo. Impianti di terra. Protezioni passive e protezioni attive. Sistemi TT, TN e IT. Protezioni contro i contatti diretti e indiretti. Impianti elettrici, impianti di terra, impianti di protezione dalle scariche atmosferiche nei cantieri delle costruzioni. Normativa tecnica specifica UNI e CEI; legge 46/90.

Illuminazione e videoterminali (VDT)

Illuminazione dei luoghi di lavoro. Illuminazione, produttività, sicurezza, salute. Compito visivo. Illuminazione generale, orientata e localizzata. Prescrizioni illuminotecniche. Misure. Normative tecniche.

LE NUOVE TARIFFE DEI PREMI PER L'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO E LE MALATTIE PROFESSIONALI

A.E. Spinelli†, P. Fioretti*, G. Mancini*, M. Montana*, P. Panaro*, C. Resconi*, A. Terracina*, G. Zarrelli*, R. Vallerga**
* INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Il presente lavoro descrive i principali cambiamenti introdotti nel sistema classificativo delle lavorazioni adottato dall'INAIL dalla recente entrata in vigore del Decreto Ministeriale che attua il disposto dell'art.1 del D.Lgs.38/2000. Vengono, inoltre, riassunte le problematiche essenziali incontrate nei lavori di revisione della nomenclatura ed esposte tabelle di confronto che illustrano nel dettaglio le variazioni di contenuto delle voci più significative.
Vengono infine brevemente illustrate le peculiarità di alcune nuove voci di tariffa riguardanti l'esercizio di autogrù, gli sportivi professionisti, i dirigenti e i cosiddetti "assistenti contrari".

1. Premessa

Il riassetto del sistema tariffario INAIL conseguente all'entrata in vigore del D.M. 12.12.2000 [1] trova la sua origine nell'articolo 55, comma 1, della Legge n. 144 del 17 maggio 1999 [2], il quale ha posto le premesse per una "... *ridefinizione di taluni aspetti dell'assetto normativo in materia di assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali* ...", prevedendo, tra l'altro, l'introduzione di un nuovo sistema tariffario *articolato per gestioni*.
In sintonia con i principi generali dettati da tale norma, il D.Lgs. 23 febbraio 2000, n. 38 [3], recante "*Disposizioni in materia di assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali, a norma dell'articolo 55, comma 1, della Legge 17 maggio 1999, n. 144*" ha previsto, per quanto concerne gli aspetti strettamente classificativi:

- ❏ l'aggiornamento delle nuove tariffe, in sede di prima applicazione, entro il triennio successivo alla loro entrata in vigore;
- ❏ la riduzione della misura massima dei tassi medi nazionali dal 160 al 130 per mille;
- ❏ l'applicazione di tariffe dei premi distinte per le quattro gestioni;
- ❏ l'individuazione delle attività da ricondurre alle quattro gestioni separate, già individuate, queste ultime, in sede di delega in "Industria", "Artigianato", "Terziario", "Altre attività di diversa natura";
- ❏ l'individuazione, nell'ambito delle nuove Modalità di applicazione delle tariffe, di un sistema di oscillazione dei tassi di premio correlato, oltre che all'andamento infortunistico aziendale, anche all'attuazione (art.20) e al miglioramento (art.24) della normativa vigente in materia di igiene e sicurezza sui luoghi di lavoro.

2. Osservazioni di carattere generale

Come detto sopra, il sistema introdotto dal D.M. 12.12.2000, efficace a decorrere dal 1° gennaio 2000, modifica radicalmente il precedente impianto tariffario.
Per ciascuna delle quattro Tariffe sono stati elaborati i rispettivi nomenclatori, tenendo conto, ove possibile, della specificità dei diversi settori produttivi, mantenendo tuttavia l'impianto generale e l'articolazione del precedente nomenclatore unico.
Sono stati apportati, comunque, gli adeguamenti dettati dall'evoluzione tecnologico - organizzativa dei processi lavorativi e dall'esperienza maturata nell'applicazione della precedente Tariffa; si è altresì tenuto conto, laddove condivisibili e praticabili, delle particolari esigenze rappresentate dal mondo del lavoro. In particolare, è stata recepita l'esigenza di effettuare l'aggregazione di quelle voci che, per effetto della settorializzazione, sono risultate di scarsa significatività statistica.
Per quanto concerne le Modalità di applicazione delle nuove Tariffe, il D.M. 12.12.2000 conferma, nelle sue linee essenziali, i contenuti delle previgenti Modalità.
In attuazione, peraltro, delle previsioni dettate dal D.Lgs. n. 38/2000, sono state introdotte specifiche disposizioni atte a disciplinare i dettagli del nuovo sistema d'inquadramento e a ridefinire il sistema di oscillazione dei tassi, dando autonoma rilevanza agli interventi in materia di igiene e sicurezza sui luoghi di lavoro.
Va annotato, infine, che in virtù dell'articolo 7, comma 1, del D.Lgs. n.38/2000 le nuove tariffe dei premi si applicano anche per le attività svolte dai lavoratori italiani operanti nei Paesi extracomunitari, di cui al decreto legge 31 luglio 1987, n. 317, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 ottobre 1987, n. 398.

3. Nuovi nomenclatori tariffari

La Tariffa 2000 è articolata in quattro nuove Gestioni suddivise in 10 grandi gruppi di uguale contenuto, aventi nomenclatura di base articolata in gruppi, sottogruppi e voci formulata perlopiù in modo analogo.
Un raffronto fra la distribuzione delle voci con tasso della Tariffa 1988 e di quelle 2000 è visibile nella tabella sotto riportata.

Grande Gruppo	Tariffa 1988	TARIFFE 2000			
		Industria	Artigianato	Terziario	Altre attività
1	27	25	17	10	2
2	53	52	22	8	2
3	28	28	20	3	15
4	9	9	1	4	5
5	23	21	19	2	1
6	62	63	56	27	4
7	31	31	21	3	1
8	21	18	17	8	1
9	24	19	10	14	10
0	43	49	34	52	33
Totale voci	321	315	217	131	74

Appare utile porre in risalto che, con la suddivisione nelle quattro gestioni separate, la somma delle voci, dei sottogruppi e dei gruppi con tasso aumenta da 321 a 737; si è quindi attuata, di fatto, una disaggregazione spinta delle lavorazioni, che consentirà in molti casi all'Istituto di fornire alle aziende dati statistici riguardanti gli infortuni e le malattie professionali più aderenti alle singoli cicli lavorativi e quindi più utili ai fini prevenzionali.
Laddove necessario le dizioni sono state modificate in modo da rappresentare con maggiore aderenza le peculiarità di ciascun settore produttivo procedendo, fra l'altro, in modo differenziato per ciascuno di essi:

- ❏ all'eliminazione dei riferimenti ad attività incompatibili con i criteri di classificazione adottati dall'INPS (ad esempio le miniere nel settore terziario);

- ❏ alla disaggregazione, ove si è riscontrata analogia tra la classificazione INAIL e quella ATECO '91 [4], di alcune attività, quali ad esempio quelle del commercio al dettaglio e all'ingrosso;

- ❏ all'aggregazione per gruppi omogenei dal punto di vista tecnologico, di lavorazioni che, per numero di posizioni assicurative o numero di addetti/anno, rivestivano scarsa significatività statistica.

Sono state poi eliminate del tutto alcune voci corrispondenti a lavorazioni ormai obsolete, come la 7123 (miniere di zolfo coltivate in sotterraneo) e la 9126 (trasporto mediante slitte o lizzatura).
Infine, sono state create alcune voci nuove nei casi in cui:

- ❏ non è stato possibile inserire le nuove lavorazioni all'interno di voci già esistenti;

- ❏ le Organizzazioni di categoria hanno sollecitato la formulazione di una specifica dizione tariffaria ed hanno collaborato con l'Istituto al reperimento degli elementi utili per la determinazione del tasso medio nazionale.

Per inciso, occorre sottolineare che le differenziazioni fra i quattro nomenclatori tenderanno sicuramente ad aumentare con la prossima revisione tariffaria, prevista entro il 2002.
Vengono di seguito illustrati brevemente le caratteristiche peculiari delle quattro gestioni e, nella tabella allegata, i rapporti di correlazione tra le voci della Tariffa 1988 e quelle delle quattro gestioni delle Tariffe 2000.

Industria

La gestione Industria è, fra le quattro, quella che presenta maggiori analogie con la precedente tariffa dei premi. In linea generale vi afferiscono le attività:

- ❏ estrattive;
- ❏ di fabbricazione, trasformazione e riparazione di macchine ed impianti;
- ❏ di produzione e distribuzione di energia elettrica, di gas e acqua;
- ❏ di fabbricazione di carta, prodotti chimici, di fibre sintetiche o artificiali;
- ❏ delle costruzioni;
- ❏ manifatturiere in genere;
- ❏ della piccola pesca, dei trasporti e comunicazioni;
- ❏ dello spettacolo e sportive.

Artigianato

Si tratta di una nuova tariffa che rispecchia più fedelmente le attività del settore, in particolare nel grande gruppo 3 relativo alle costruzioni, nel quale è stata inserita una voce apposita per le imprese artigiane che eseguono promiscuamente opere edili di varia tipologia (3160) e nel grande gruppo 2 relativo alla chimica, che ha subito notevoli aggregazioni di voci. In linea generale vi afferiscono le attività seguenti, che rientrano nell'ambito della Legge 8 agosto 1985, n.443 (legge quadro per l'artigianato) [5]:

- ❏ estrattive;
- ❏ di fabbricazione, trasformazione e riparazione di macchine ed impianti;
- ❏ di produzione e distribuzione di vapore e acqua calda e captazione di acqua;
- ❏ di fabbricazione di carta, prodotti chimici, di fibre sintetiche o artificiali;
- ❏ delle costruzioni;
- ❏ manifatturiere in genere;
- ❏ dei trasporti e comunicazioni;
- ❏ dei servizi per l'igiene, la pulizia e la cura della persona
- ❏ delle pizzerie e rosticcerie da asporto

Terziario

Si tratta di una nuova tariffa nella quale sono rappresentate, in conformità al disposto dell'art.1 del D.Lgs.38/2000, le attività commerciali, turistiche, di produzione, intermediazione e prestazione dei servizi anche finanziari, nonché le attività professionali ed artistiche e loro complementari. Pur essendo stato conservato l'impianto strutturale della precedente nomenclatura della Tariffa 1988, nel settore Terziario sono state fatte numerose aggregazioni di voci; sono state inoltre modificate, per la stessa lavorazione, le dizioni tariffarie, per meglio ricondurle alla diversa realtà operativa del settore. Così, ad esempio, l'attività che nell'industria è esplicitata attraverso la dizione di *"fornitura di alloggio, pasti e bevande...(foresterie, mense aziendali...)"*, nella gestione Terziario diviene "*alberghi, pensioni...ristoranti...*".
In linea generale vi afferiscono:

- ❏ le attività commerciali al dettaglio e all'ingrosso;
- ❏ il noleggio di macchinari, attrezzature e beni per uso personale e domestico;
- ❏ il magazzinaggio e custodia; le attività degli spedizionieri e delle agenzie doganali;
- ❏ i servizi per l'igiene, la pulizia e la cura della persona
- ❏ le attività di informatica e simili;
- ❏ i servizi sociosanitari;
- ❏ i servizi privati per l'istruzione;
- ❏ alberghi, pubblici esercizi e stabilimenti balneari; le attività delle agenzie di viaggio e turismo;
- ❏ le attività ricreative e culturali;
- ❏ altre attività professionali, artistiche e imprenditoriali.

In merito alla sussistenza all'interno del settore Terziario di numerose voci apparentemente non compatibili con le attività commerciali, occorre precisare che la classificazione tecnica delle lavorazioni operata nella Tariffa dei Premi differisce concettualmente, per le diverse finalità istituzionali, da quella delle attività economiche adottata dall'INPS e dall'ISTAT; per tale motivo si verifica inevitabilmente che alcune fasi operative svolte da imprese commerciali, non caratte-

rizzate autonomamente dall'INPS (ad es. taglio di semilavorati, filtrazione, miscelazione, ecc.) sono dal punto di vista tecnologico considerate dall'Istituto come vere e proprie lavorazioni principali, soggette a specifico riferimento tariffario.

Altre Attività

Relativamente alla gestione Altre Attività, si è tenuto conto della prevalente esigenza di conferire significatività statistica alla gestione stessa, prevedendo la confluenza dei datori di lavoro classificati nel settore "credito, assicurazione e tributi" e nel settore "attività varie" del sistema INPS, nonché di tutti i datori di lavoro pubblici.
Come per le due gestioni precedenti, la nomenclatura del settore Altre Attività conserva l'impianto strutturale di quella dell'Industria. Sono state fatte comunque, più ancora che nel Terziario, forti aggregazioni, che portano il numero complessivo delle dizioni a meno di un quarto di quelle previste per l'Industria.
In linea generale vi afferiscono le attività:

- ❏ di intermediazione monetaria;
- ❏ delle assicurazioni e fondi pensione (escluse le assicurazioni sociali obbligatorie);
- ❏ attività degli enti pubblici;
- ❏ attività delle amministrazioni statali centrali e periferiche.

4. Cenni su alcune nuove voci di Tariffa

Segue una breve panoramica su alcune voci di tariffa di nuova concezione, scaturite sia dall'esperienza maturata nella gestione precedente, sia in conseguenza delle disposizioni del D.Lgs. 38/2000.

Autogrù

Dalla voce 9121 della Tariffa 1988 è stato scorporato l'esercizio a sé stante di autogrù, di piattaforme aeree e di scale aeree montate su autoveicoli e simili, che forma l'oggetto della nuova voce 9122 nelle prime tre gestioni. Tale modifica si è resa necessaria allo scopo di caratterizzare un'attività che mal si accomuna a quella del settore dei trasporti. I mezzi citati sono infatti caratterizzati dall'impossibilità di effettuare il trasporto di persone o cose e, di fatto, operando prevalentemente in cantiere (o in stabilimento) percorrono un numero limitato di km/anno. Dalla nuova classificazione alla voce 9122 restano quindi esclusi i veicoli adibiti in maniera promiscua ad entrambe le attività di trasporto e carico/scarico (autocarri e autoveicoli con braccio meccanico, ecc.).

Sportivi professionisti

Per effetto del disposto dell'art.6 del D.Lgs.38/2000, nel nuovo sottogruppo 0590 della gestione Industria sono state inserite le attività sportive professionistiche che ricadono nell'ambito della legge 91/1981 [6] svolte dalle società:

- ❏ affiliate ad una o più federazioni sportive riconosciute dal CONI;

- ❏ costituite nelle forme di società per azioni o a responsabilità limitata;
- ❏ il cui atto costitutivo, depositato presso la federazione cui sono affiliate, deve prevedere che gli utili siano interamente reinvestiti nella società per il perseguimento esclusivo dell'attività sportiva.

Di fatto rientrano nella categoria le attività degli atleti, allenatori, direttori tecnico-sportivi e preparatori atletici di un numero ristretto di società appartenenti alle federazioni sportive del calcio (serie A, B e C), pallacanestro (A1 e A2 maschile), motociclismo, ciclismo e boxe.

Personale che effettua accessi in cantieri, opifici e simili

Nella voce 0724, comune a tutte le quattro gestioni, confluisce il personale che per lo svolgimento delle proprie mansioni effettua accessi in cantieri, opifici e simili e congiuntamente utilizza macchine da ufficio e veicoli a motore. Si è inteso in tal modo risolvere i problemi dovuti all'estrema frammentazione classificativa di alcune attività di supervisione, direzione o controllo che nel precedente ordinamento venivano classificate in ponderazione fra le voci caratteristiche delle lavorazioni effettuate nelle aziende (e/o nei reparti di produzione visitati) e le voci relative all'uso del veicolo e delle apparecchiature da ufficio. Un esempio particolarmente rilevante è quello delle attività svolte dai cosiddetti *assistenti contrari* nel settore edile, in cui frequentemente si verifica lo svolgimento contemporaneo di lavori di natura diversa (cantieri stradali, di edilizia generale e specializzata, ecc.), per i quali in passato risultava eccessivamente frammentaria la classificazione a Tariffa.

Dirigenti

Per effetto del disposto dell'art.4 del D.Lgs.38/2000 per il *personale dell'area dirigenziale* è stata inserita una nuova voce (0725) in tutte le quattro gestioni. Tale voce rappresenta, tuttavia, soltanto le figure che utilizzano congiuntamente macchine da ufficio e veicoli a motore personalmente condotti e/o effettuano accessi in cantieri, opifici e simili.
Viceversa, se tale personale fa uso esclusivo di macchine da ufficio, o comunque solo occasionale di veicoli a motore, il corretto inquadramento è alla voce 0722 (ex voce 0813, come da tabella allegata).
Rimangono confermati infine i riferimenti tariffari validi per il personale dell'area dirigenziale direttamente impiegato nelle specifiche lavorazioni previste in altre voci di tariffa (ad esempio, per il personale medico di area dirigenziale, voci specifiche del sottogruppo 0310).

5. Le nuove Modalità per l'applicazione della Tariffa dei Premi

Nell'ambito delle nuove Modalità, uniche per le quattro gestioni, sono state introdotte alcune innovazioni sostanziali dirette, tra l'altro, ad eliminare i tassi ponderati e individuare nuove metodiche di oscillazione dei tassi.
L'articolo 6 introduce significative innovazioni volte ad eliminare, a regime, l'applicazione dei tassi medi ponderati, disciplinati dall'articolo 8 delle attuali Modalità. In particolare, la nuova disposizione prevede che, nel caso di attività complessa, in luogo di un unico tasso medio ponderato, si applicano tassi distinti per ogni singola lavorazione, determinati sulla base degli specifici andamenti infortunistici e delle corrispondenti retribuzioni.
Particolare rilievo assumono le disposizioni contenute negli articoli da 19 a 25, che ridefinisco-

no le metodiche di oscillazione dei tassi aziendali dando specifico ed autonomo risalto alle iniziative assunte dalle aziende in tema di igiene e sicurezza sui luoghi di lavoro.
Più precisamente, per il primo biennio di attività si è previsto, a conferma del previgente sistema, una oscillazione in aumento o in riduzione in misura fissa del quindici per cento, in relazione all'effettiva situazione aziendale per quanto concerne l'osservanza della normativa vigente (articoli 19, 20 e 21).
Per il periodo successivo al primo biennio, il nuovo sistema prevede due distinte oscillazioni: la prima, legata all'andamento infortunistico, conferma i previgenti criteri e percentuali di oscillazione, fino ad un massimo del trentacinque per cento (articoli 22 e 23); la seconda, di natura innovativa, prevede la sola riduzione del tasso medio di tariffa in misura fissa - pari al cinque o al dieci per cento, in relazione alla dimensione aziendale - legata agli interventi già effettuati dall'azienda per l'eliminazione delle fonti di rischio nonché per il miglioramento delle condizioni di sicurezza e di igiene nei luoghi di lavoro, anche in attuazione delle disposizioni del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e successive modifiche ed integrazioni, e delle specifiche normative di settore.

BIBLIOGRAFIA

[1] **D. M. 12 dicembre 2000.** Tariffe dei Premi per i dipendenti dei datori di lavoro delle quattro gestioni di cui all'art.1 del D.Lgs. n. 38/2000 e relative Modalità di applicazione (in corso di pubblicazione).

[2] **Legge 17 maggio 1999, N. 144.** Misure in materia di investimenti, delega al governo per il riordino degli incentivi all'occupazione e della normativa che disciplina l'INAIL, nonché disposizioni per il riordino degli enti previdenziali.

[3] **Ripubblicazione del testo legislativo 23 febbraio 2000, n. 38, recante:** "Disposizioni in materia di assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali, a norma dell'articolo 55, comma 1, della legge 17 maggio 1999, n. 144", corredato delle relative note. Suppl. Ord. alla G.U., n.66 del 20 marzo 2000.

[4] **ISTAT.** Supplemento all'annuario statistico italiano. Classificazione delle attività economiche. Metodi e Norme, serie C-11. Edizione 1991.

[5] **Legge 8 agosto 1985, n.443.** Legge quadro per l'artigianato. Suppl. Ord. alla G.U., n.199 del 24 agosto 1985.

[6] **Legge 23 marzo 1981, n.91.** Norme in materia di rapporti tra società e sportivi professionisti. Suppl. Ord. alla G.U., n.86 del 27 marzo 1981.

TABELLA DI CORRELAZIONE FRA LE VOCI DELLA TARIFFA 1988 E LE VOCI DELLE 4 GESTIONI DELLA TARIFFA 2000 (*)

(*) Le voci mancanti devono intendersi aggregate alla voce immediatamente superiore

GRANDE GRUPPO 1

Tariffa 1988	Tariffa Industria	Tariffa Artigianato	Tariffa Terziario	Terziario Altre Attività
1111	1111	1111	1100	1100
1120				
1112	1112	1112		
1142	1130			
1130	1120	1120		
1210	1200	1200	1200	1200
1310				
1411	1411	1411	1411	
1413	1413	1413	1413	
1412	1412	1414		
1414	1414			
1420	1420	1420	1420	
1431	1431			
1432	1432			
1433	1433			
1441	1441	1441	1440	
1442	1442	1442		
1443	1443	1443		
1444	1444	1444		
1445	1445			
1451	1451	1451	1451	
1452	1452	1452	1452	
1141	1480	1480		
1461	1461	1460	1460	
1462	1462			
1471	1471	1470	1470	
1472	1472			

GRANDE GRUPPO 2

Tariffa 1988	Tariffa Industria	Tariffa Artigianato	Tariffa Terziario	Terziario Altre Attività
2112	2112	2112	2110	2100
2111	2111	2111		
2121	2121			
2122	2122			
2123				
2131	2131			
2132	2132			
2141	2141			
2142	2142			
2143	2143			
2144	2144			
2145	2145			
2146	2146			
2151	2151	2150		
2152	2152			
2153	2153			
2154	2154			
2155	2155			
2161	2161	2161		
2162	2162	2162		
2163	2163	2165		
2164	2164			
2165	2165			
2171	2171	2170		
2172	2172			
2173	2173			
2181	2181	2184		
2182	2182			
2183	2183			
2184	2184			
2185	2185			
2187	2187	2187		
2186	2186	2186		
2188	2188			
2196	2196	2196	2196	
2195	2195	2195	2195	
2194	2194	2191		
2191	2191		2197	
2192	2192			
2193	2193			
2197	2197	2197		
2211	2211	2210	2220	2200
2212	2212			
2213	2213			
2221	2221	2221		
2222	2222	2222		
2231	2231	2231	2231	
2232	2232			
2233	2233	2233	2233	
0612	2234			
2310	2310	2310	2300	
2321	2320	2320		
2322				
2330	2330	2330		

GRANDE GRUPPO 3

Tariffa 1988	Tariffa Industria	Tariffa Artigianato	Tariffa Terziario	Terziario Altre Attività
3110	3110	3110	3100	3110
	3130	3130	3130	
3510	3510	3500		
3520	3520			
Nuovo stg	3150	3150		
3120	3120	3120		
Nuovo stg		3160		
3140	3140	3140		3140
3210	3210	3210		3210
3220	3220			
3240	3240			
3250	3250			
3231	3231	3231		3231
3233	3233	3233		
3234	3234	3234		
3232	3232	3232		3232
3310	3310	3310		3310
3321	3321	3321		3321
3324	3324			3324
3323	3323	3323		3323
3322	3322	3322		3322
3331	3331	3330		3330
3332	3332			
3334	3334			
3333	3333			
3411	3411	3410		3410
3412	3412	3420		3420
3610	3610	3630	3610	3610
3620	3620		3620	3620

GRANDE GRUPPO 4

Tariffa 1988	Tariffa Industria	Tariffa Artigianato	Tariffa Terziario	Terziario Altre Attività
4110	4110	4100	4100	4100
4120	4210			
4130	4220			
4410	4510			
4210	4300		4300	4300
4311	4411		4410	4411
4312	4412			4412
4321	4421		4420	4420
4322	4422			

GRANDE GRUPPO 5

Tariffa 1988	Tariffa Industria	Tariffa Artigianato	Tariffa Terziario	Terziario Altre Attività
5111	5111	5111	5100	5100
5112				
5121	5121	5121		
5122	5122	5122		
5123	5123	5123		
5124	5124			
5113	5112	5212		
5211	5211			
5212	5213	5213		
5250	5214	5214		
5221	5221	5221		
5222	5222	5222		
5223	5223	5223		
5224	5224	5224		
5225	5225	5225		
5230	5230	5230		
5240	5240	5240		
5311	5311	5311		
5312				
5313	5312	5312		
5314	5313	5313		
5320	5320	5320		
5330	5330	5330		

GRANDE GRUPPO 6

Tariffa 1988	Tariffa Industria	Tariffa Artigianato	Tariffa Terziario	Terziario Altre Attività
6111(p)	6111	6111	6100	6100
6111(p)	6112	6112		
6112	6113	6113		
6113	6114			
6121	6121	6122		
6122	6122			
6123	6123	6123		
6211	6211	6211	6211	
6212	6212	6212		
6217	6217	6217		
6213	6213	6213		
6214	6214	6214		
6216	6216	6216		
6215	6215	6215	6215	
6221	6221	6221	6221	
6222	6222	6222	6222	
6223	6223	6223		
6240	6240	6240	6240	
6251	6251	6251	6250	
6252	6252	6252		
6261	6261	6261		
6262	6262	6262		
6231	6231	6231	6270	
6232	6232	6232		
6233	6233	6233		
6234	6234	6234		
6270	6270	6270		
6281	6281	6281	6280	
6282	6282	6282		
6283	6283	6283		
6284	6284			
6291	6291	6291	6290	
6292	6292	6292		
6311	6311	6311	6310	6300
6312	6312	6312		
6321(p)	6313	6313	6321	
6321(p)	6321	6321		
6322	6322	6322	6322	
6323	6323	6323	6323	
6331	6331	6330	6340	
6332	6332			
6333	6333			
6340	6340	6340		
6412	6412	6412	6410	6400
6411	6411	6411		
6413	6413			
6430	6430		6420	
6421	6421	6421		
6422	6422	6422		
6423				
6510	6510	6510	6510	6500
6520	6520	6520	6520	
6530	6530	6530	6540	
6540	6540	6540		
6550	6550	6550	6550	
6561	6561	6561	6561	
6565	6565	6565		
6562	6562	6562	6562	
6563	6563	6563	6563	
6564	6564	6564		
6581	6581	6581	6581	
6582	6582	6582	6582	
6570	6570	6570	6590	
6590	6590	6590		

(p) = parte

GRANDE GRUPPO 7

Tariffa 1988	Tariffa Industria	Tariffa Artigianato	Tariffa Terziario	Terziario Altre Attività
7111	7110	7110	7100	7100
7121	7121	7161		
7122	7122			
7123				
7130	7130			
7140	7140			
7161	7161			
7151	7151	7150		
7152	7152			
7162	7162	7162		
7210	7210	7220	7200	
7220	7220			
7230	7250	7250		
7310				
3530	7230	7230		
7321	7261	7261		
7322	7262	7262		
7323	7263	7263		
7331(p)	7271	7271		
7331(p)	7272	7272		
7331(p)	7273			
7332	7274	7274		
7333	7275			
7341	7281	7281		
7342	7282	7282		
7343	7283	7283		
7351	7310	7320	7300	
7352	7320			
7353	7330	7330		
7354	7340	7340		
7355	7350	7350		
7356	7360	7360		
7357	7370			

(p) = parte

GRANDE GRUPPO 8

Tariffa 1988	Tariffa Industria	Tariffa Artigianato	Tariffa Terziario	Terziario Altre Attività
8111	8111	8111	8120	8100
8112				
8113				
8115(p)				
8114	8112	8112		
8122(p)	8121	8121		
8121	8122	8122		
8123	8123	8123		
8122(p)				
8133	8131	8131		
8132	8132	8132		
8131	8133	8133		
8150	8150	8150		
8135	8170			
8230				
8134	8140	8140	8140	
8115(p)	8160	8160	8160	
8140				
8210	8210	8210	8210	
8240	8240	8240		
Nuovo stg	8220	8220	8220	
8220	8230	8230	8230	
8250	8250	8250	8250	
8260	8260	8260	8260	

(p) = parte

GRANDE GRUPPO 9

Tariffa 1988	Tariffa Industria	Tariffa Artigianato	Tariffa Terziario	Terziario Altre Attività
9112	9111	9110	9110	9111
9115				
9111	9112			9112
9114				
9113	9113			9113
9121(p)	9121	9121	9121	9121
9121(p)	9122	9122	9122	
9122	9123	9123	9123	
9125				
9126	Voce eliminata	Voce eliminata	Voce eliminata	Voce eliminata
9123	9124	9124	9124	9124
9124	9125	9125	9125	9125
9141	9141	6422	6420	6400
9142	9142			
9130	9130	9130	9130	9130
9150	9150		9160	
9160	9160			9160
9211	9211	9200	9210	9200
9212	9212			
9220	9220		9220	
9231	9231		9231	
9232	9232		9232	
9310(p)	9311	9311	9311	9300
9320(p)	9312	9312	9312	

(p) = parte

GRANDE GRUPPO 0

Tariffa 1988	Tariffa Industria	Tariffa Artigianato	Tariffa Terziario	Terziario Altre Attività
0131(p)	0111	0111	0111	0110
0132	0112	0112	0112	
0133	0113	0113	0113	
9330	0114	0114	0114	
9310(p)	0121	0120	0121	0120
9310(p)	0122		0122	
9310(p)	0123		0123	
9320(p)	0130	0130	0131	0130
9320(p)			0133	
0110(p)	0211	0211	0211	0211
0120	0213	0213	0213	
0131(p)	0212	0212	0212	0212
0211	0311	0311	0311	0311
0110(p)				
0110(p)			0312	0312
0212	0313		0313	0313
Nuova voce			0314	0314
0221	0320	0320	0321	0320
0222			0322	
0310	0411	0411	0411	0410
0340	0412		0412	
0320	0413	0413	0413	
0330	0421	0421	0421	0420
0213	0422	0422	0422	
0611	0511	0510	0510	0510
0613	0512			
0630	0530			
0620	0520		0520	
0520(p)	0550	0550	0550	0541
0540	0560	0560	0560	
0530	0570	0570		
0510	0541	0540	0541	
0552	0542		0542	
0551(p)	0543		0543	
0520(p)	0544		0544	0544
0551(p)	0580	0580	0580	0580
Nuovo stg	0590			
0720	0611	0611	0611	0611
0730	0613		0613	0613
0740				0614
0710	0612	0612	0612	0612
0750	0621	0620	0621	0620
7112	0622		0622	
0411	0711	0710	0711	0711
0412	0712		0712	0712
0413	0713		0713	0713
0414	0714		0714	0714
0415			0715	0715
0812	0730	0721	0730	0730
0811	0721		0721	0721
0830		0750	0750	
0813	0722	0722	0722	0722
0843	0723	0723	0723	0723
Nuova voce	0724	0724	0724	0724
Nuova voce	0725	0725	0725	0725
0820	0740	0740	0740	0740
0841	0761	0761	0761	0760
0842	0762	0762	0762	

(p) = parte

APPLICAZIONE DI INDICI MICROBIOLOGICI ALLA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA IN AMBIENTI DI LAVORO NON INDUSTRIALI

C. Dacarro, E. Grignani**, P. Grisoli*, D. Cottica***

* Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Farmacologia Sperimentale e Applicata, Laboratorio di Microbiologia.

** Fondazione S. Maugeri, Clinica del Lavoro e della Riabilitazione IRCCS, Istituto Scientifico di Pavia.

RIASSUNTO

La misura della presenza di microrganismi nell'aria si rende necessaria per la valutazione del rischio biologico nell'ambiente di lavoro. Sebbene sia attualmente difficile stabilire relazioni dose-risposta sulla base dei dati epidemiologici esistenti, il numero e le specie di microrganismi presenti costituiscono indici utili per la valutazione della salubrità dell'aria. Vengono presentati i dati di una ricerca che ha preso in considerazione più di duecento differenti uffici situati in edifici dotati di ventilazione forzata. Per la valutazione della qualità dell'aria vengono utilizzati indici di contaminazione. L'Indice Globale di Contaminazione Microbica/m3 (IGCM/m3) è calcolato come sommatoria dei valori di carica microbica totale determinati per i batteri mesofili, per i batteri psicrofili e per i miceti in ogni punto di prelievo considerato. IGCM/m3 oscilla tra un valore minimo pari a 23 e un valore massimo paria 18.069: il valore medio riscontrato è differente in funzione delle modalità di funzionamento degli impianti di ventilazione. Il 95,5% degli uffici considerati mostra un valore di IGCM/m3 inferiore a 1000: questo valore viene proposto come soglia il cui superamento implica un approfondimento della valutazione dei livelli di contaminazione basato sulla misura di ulteriori indici microbiologici. A questo scopo viene utilizzato l'Indice di Contaminazione da batteri Mesofili (ICM), ottenuto calcolando il rapporto tra il valore di CFU/m3 misurato per i batteri mesofili e per gli psicrofili nello stesso punto di prelievo. La valutazione viene completata con la misura dell'Indice di Amplificazione (IA) che viene determinato calcolando il rapporto tra i valori di IGCM/m3 misurati all'interno dell'edificio e quelli misurati all'esterno. Il complesso delle osservazioni effettuate consente di classificare gli ambienti di lavoro oggetto dell'indagine in categorie e classi in funzione dei valori assunti dai vari indici di contaminazione microbica proposti.

Discussione

L'interesse per la valutazione della qualità dell'aria negli ambienti non industriali è dovuto all'evidenza di possibili effetti negativi sulla salute e sul benessere dei lavoratori esposti.
E' bene tener presente che la maggior parte della popolazione dei paesi industrializzati trascorre circa l'80% del proprio tempo in luoghi protetti, ossia in uffici, abitazioni, scuole e automobili, e che la qualità dell'aria degli ambienti confinati non industriali (qualità dell'aria interna o Indoor Air Quality – IAQ) è interesse prioritario di gran parte della forza lavoro.
Recenti studi hanno evidenziato che, negli ambienti interni, le concentrazioni di inquinanti di

natura chimica, fisica e biologica, possono essere superiori a quelli misurabili nell'aria esterna potendosi anche riscontrare rilevanti alterazioni dei parametri microclimatici, quali temperatura e umidità relativa.
La segnalazione di disturbi o di vere e proprie patologie negli addetti al lavoro d'ufficio attribuibili alla permanenza in ambienti confinati, ha comportato un approfondimento delle problematiche.
Si sono delineate, pertanto, le sindromi "Sick Building Syndrome" (SBS) definite come insieme di fastidio ed irritazione agli occhi, al naso ed alla laringe, concomitanti a cefalea, astenia, irritazione cutanea, percezione di odori sgradevoli, i cui sintomi migliorano con l'allontanamento dall'edificio.
Sebbene non sia sempre possibile sulla base di dati epidemiologici associare specifici agenti causali a SBS, è stato evidenziato che la presenza di agenti biologici può influenzare la prevalenza dei sintomi e che essi sono chiaramente correlati con la presenza di sistemi di ventilazione meccanica e di finestre ermeticamente sigillate.
Il D.Lgs.626 e i successivi prevedono che il datore di lavoro provveda alla valutazione dei rischi anche di origine biologica e a far in modo che l'aria nell'ambiente di lavoro sia salubre.
La necessità di entrare in una fase di completa applicazione del D. Lgs. 626 rende indispensabile affrontare il problema delle misure dell'esposizione ad agenti microbici con la conseguente predisposizione di protocolli di valutazione che consentano di formulare il giudizio di salubrità dell'ambiente di lavoro.
La presenza di microrganismi nell'aria può essere dovuta ad una liberazione spontanea derivante da peculiari strategie riproduttive, come nel caso delle spore fungine, o per diffusione in associazione con aerosol, come può avvenire per i batteri in forma vegetativa o sporale. Nell'aria i microrganismi non possono moltiplicarsi attivamente, in essa, infatti, le cellule trovano generalmente condizioni che consentono loro solo di sopravvivere. Tuttavia, in funzione del materiale a cui le cellule microbiche sono associate nelle particelle di aerosol, della natura dei loro aggregati cellulari, delle condizioni fisiologiche delle cellule al momento della loro diffusione nell'atmosfera, delle condizioni ambientali e delle caratteristiche intrinseche di resistenza delle specie, i microrganismi possono mantenere nell'aria la vitalità per tempi più o meno lunghi.
Il controllo dell'esposizione a microrganismi non direttamente derivanti dall'attività svolta assume due importanti aspetti:

1. Valutazione del rischio di origine biologica

2. Dimensionamento di livelli minimi di contaminazione ambientale che possono essere ragionevolmente ottenuti, adottando corrette procedure e comportamenti, ed adottando adeguati interventi di manutenzione ad impianti ed apparecchiature che possono essere responsabili di proliferazione e diffusione di microrganismi. Questi valori possono essere assunti come riferimento nella stesura di protocolli e nella realizzazione di monitoraggi di routine.

Negli ambienti confinati il movimento dell'aria, e di conseguenza la diffusione dei microrganismi, dipende dalla dimensione dei locali, dalle loro caratteristiche costruttive e dalle attività lavorative che vi si svolgono. Un ruolo importante sul contenuto microbico dell'aria è svolto anche dagli impianti di ventilazione, condizionamento e riscaldamento.
E' evidente che l'aria immessa da questi sistemi può essere considerata come un prodotto del quale è possibile valutare e classificare la qualità, anche di tipo microbiologico, come

attualmente avviene per qualsiasi altro prodotto che possa avere effetti sulla salute dell'uomo.
La qualità dell'aria può essere influenzata anche da fenomeni di aerosolizzazione di acqua contaminata proveniente da sistemi di condizionamento e di umidificazione. La legionellosi è una malattia correlata agli edifici causata dal batterio *Legionella pneumophila*, una specie appartenente al genere *Legionella*. Sebbene la malattia sia rara, *Legionella* è un batterio acquatico ubiquitario. Talvolta questo microrganismo trova condizioni ideali per la propria moltiplicazione in manufatti contenenti acqua, dai quali vengono generati aerosol contaminati che possono provocare infezioni in soggetti suscettibili.
Per una valutazione microbiologica della qualità dell'aria è possibile far ricorso a tradizionali misure del numero di microrganismi vitali presenti, basate sull'individuazione di classi generiche in grado di descrivere sia l'entità della contaminazione sia la dinamica con cui essa si determina nell'ambiente confinato. I vari sistemi di campionamento attualmente disponibili non forniscono risultati univoci e sempre confrontabili, inoltre, a causa dello stress provocato dall'aerosolizzazione, meno del 10% dei batteri presenti nell'aria risulta essere in grado di formare colonie visibili sui terreni di coltura. Questo fenomeno può essere dovuto anche alle strategie di sopravvivenza dei batteri i quali, in condizioni ambientali avverse, e soprattutto in concomitanza con situazioni di deprivazione di sostanze nutritizie essenziali, passano dallo stato coltivabile a quello vitale ma non coltivabile; tuttavia, queste limitazioni, peraltro caratteristiche di qualsiasi altro conteggio di microrganismi, non devono essere motivazione sufficiente per impedire di individuare e proporre standard igienici per l'aria degli ambienti di lavoro anche basati sulle semplici valutazioni di cariche microbiche totali.
La misura della diffusione degli agenti biologici nell'ambiente è caratterizzata da difficoltà legate alle tecniche di campionamento, alla identificazione e alla scelta degli indici, ma soprattutto alla valutazione dei risultati ottenuti.
American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) non ritiene scientificamente proponibili TLV per interpretare i risultati di misure ambientali di contaminanti di origine biologica. Di conseguenza, il tentativo di indicare risoluzioni per questi problemi condurrebbe inevitabilmente a sostenere argomentazioni tautologiche, mentre più ragionevole appare la possibilità di definire il significato di contaminazione dell'ambiente di lavoro confinato.
Una recente ricerca ha considerato differenti ambienti di lavoro nei quali la contaminazione è stata misurata durante lo svolgimento delle normali attività lavorative al fine di individuare indici significativi per la classificazione della qualità microbiologica dell'aria. I prelievi sono stati realizzati nell'ambito di protocolli di monitoraggio ambientale di routine in edifici nei quali non venivano segnalati particolari problemi al personale.
Nel corso di questa ricerca è stata inoltre verificata l'applicabilità di indici microbiologici per la valutazione della qualità dell'aria.
I prelievi di aria sono stati realizzati in più di 20 differenti edifici ubicati in varie regioni del territorio italiano, dotati di ventilazione meccanica in grado di funzionare secondo le seguenti modalità: riscaldamento, condizionamento, ventilazione semplice. All'interno di questi edifici sono stati considerati più punti di prelievo in funzione delle dimensioni dello stabile e in presenza di differenti modalità di funzionamento dell'impianto di ventilazione. In totale sono stati considerati 226 uffici nei quali i prelievi sono stati realizzati in presenza del personale, durante lo svolgimento delle normali attività lavorative. Ove possibile, i prelievi sono stati realizzati contemporaneamente all'interno dell'edificio e all'esterno in prossimità delle bocche di aspirazione dell'aria dell'impianto di ventilazione.
I prelievi sono stati realizzati con un campionatore attivo per impatto ortogonale "Microflow" (Aquaria, Lachiarella -MI). L'apparecchio è stato posizionato al centro del locale considerato a

1,50 m dal pavimento; il prelievo è stato effettuato ad un flusso di aspirazione pari a 1,5 L/sec e il volume di aria prelevato variava a seconda dei casi da 150 a 250 L.
Sono stati determinati i seguenti parametri microbiologici:
Carica batterica totale per i batteri mesofili: le colture sono state effettuate in Tryptone Soya Agar (Oxoid) ed incubate a 37°C per 48 ore.
Carica batterica totale per i batteri psicrofili: le colture sono state effettuate in Tryptone Soya Agar (Oxoid) ed incubate a 20°C per 6 giorni.
Carica micetica: le colture sono state effettuate in Sabouraud Dextrose Agar (Oxoid) ed incubate a 20° C per 6 giorni.
I valori di carica batterica e micetica sono stati espressi come CFU/m^3 (Colony Forming Unit) e sono stati calcolati come media di 2 determinazioni ottenute in prelievi effettuati in serie.
La determinazione delle cariche batteriche a differenti temperature di incubazione ha il significato di differenziare i batteri mesofili che hanno temperatura ottimale di crescita compresa nell'intervallo tra 25-40°C da quelli psicrofili che si sviluppano nell'intervallo di temperature 15-30°C. I batteri mesofili appartengono alle biocenosi che costituiscono la flora normale del corpo dell'uomo e degli animali e comprendono, inoltre, i microrganismi patogeni convenzionali e condizionali, mentre gli psicrofili sono principalmente saprofiti e per questo motivo sono abituali colonizzatori del suolo, degli ambienti umidi e del materiale organico in decomposizione.
I funghi possiedono morfologie molto diverse: quelle di interesse microbiologico comprendono le muffe e i lieviti. Le muffe si moltiplicano a spese di materia organica non vivente decomponendo residui vegetali e animali; sebbene la presenza in natura di funghi saprofiti sia predominante, in alcuni casi essi possono essere parassiti e provocare patologie infettive. La determinazione della presenza di muffe nei campioni ambientali è molto importante poiché questi microrganismi si diffondono nell'ambiente attraverso la propagazione di spore e di frammenti di micelio; la loro presenza nell'aria è spesso correlata alla polverosità e può essere considerevole in presenza di elevata umidità, di vento o in vicinanza di aree con vegetazione.
La contaminazione microbiologica degli uffici è stata inoltre valutata, sulla base dei valori di carica batterica e micetica ottenuti, determinando i seguenti indici:
Indice Globale di Contaminazione Microbica (IGCM/m^3).
IGCM/m^3 = (CFU/m^3 batteri mesofili) + (CFU/m^3 batteri psicrofili) + (CFU/m^3 miceti)
Indice di Contaminazione da batteri Mesofili (ICM).
ICM = (CFU/m^3 batteri mesofili) : (CFU/m^3 batteri psicrofili)
Indice di Amplificazione della contaminazione microbica (IA).
IA = (IGCM/m^3 interno edificio) : (IGCM/m^3 esterno edificio)
L'analisi statistica dei dati è stata effettuata confrontando i risultati ottenuti nelle differenti modalità di funzionamento degli impianti di ventilazione per mezzo dell'analisi della varianza a una via (post hoc test) sui valori trasformati in logaritmi (log naturale).
La contaminazione microbica riscontrata negli uffici, espressa come CFU/m^3, (Tabella I) presenta oscillazioni molto ampie soprattutto per quanto riguarda i batteri mesofili e psicrofili, mentre i valori variano in ambiti più ristretti per i miceti. Le medie geometriche dei valori degli indici determinati risultano molto basse durante tutte le modalità di funzionamento degli impianti di ventilazione. Durante il condizionamento dell'aria si riscontrano i valori medi più elevati per la contaminazione da batteri mesofili rispetto al riscaldamento ($p=0,0001$) e durante la ventilazione semplice rispetto al riscaldamento ($p=0,0008$). I valori medi di contaminazione per i batteri psicrofili sono superiori durante il condizionamento ($p=0,0164$) e la ventilazione semplice ($p=0,0003$) rispetto al riscaldamento. Le medie geometriche dei valori di CFU/m^3 per i miceti sono significativamente differenti solo durante la ventilazione semplice rispetto al riscaldamento ($p=0,0042$). Nonostante i valori medi di con-

taminazione siano molto bassi, si riscontrano valori massimi di CFU/m^3 molto elevati sia per i batteri mesofili sia per gli psicrofili.

Tabella I

Valori degli indici di contaminazione microbica misurati in differenti uffici durante il funzionamento degli impianti centralizzati di ventilazione nelle modalità di condizionamento, ventilazione semplice, riscaldamento.
MG: media geometrica.

Modalità di funzionamento	Numero di determinazioni	Batteri mesofili (CFU/m^3)		Batteri psicrofili (CFU/m^3)		Miceti (CFU/m^3)	
		MG	Range	MG	Range	MG	Range
Condizionamento	61	125	19-9000	74	8-848	28	2-155
Ventilazione semplice	90	98	6-9000	87	5-9000	32	5-200
Riscaldamento	75	55	6-455	48	6-344	20	5-915

Il calcolo dell'Indice Globale di Contaminazione Microbica (IGCM/m^3) conferma la presenza di valori più elevati di contaminazione durante il condizionamento (p=0,0001) e la ventilazione semplice (p=0,0001) rispetto al riscaldamento (Tabella II). Il valore medio dell'Indice di Contaminazione da Batteri Mesofili (ICM) durante il condizionamento risulta pari a 1,68 ed è più elevato rispetto alle altre modalità di funzionamento nelle quali assume il valore di 1,12 durante la ventilazione semplice (p=0,0007) e 1,14 durante il riscaldamento (p=0,0016). IGCM/m^3 evidenzia valori massimi di contaminazione microbica che assumono dimensioni rilevanti durante il condizionamento e la ventilazione semplice.

Tabella II

Valori dell'Indice Globale di Contaminazione Microbica (IGCM/m^3) e dell'Indice di Contaminazione da batteri mesofili (ICM) misurati in differenti uffici durante il funzionamento degli impianti centralizzati di ventilazione nelle modalità di condizionamento, ventilazione semplice, riscaldamento.
MG: media geometrica.

Modalità di funzionamento	Numero di determinazioni	IGCM/m^3		ICM	
		MG	Range	MG	Range
Condizionamento	61	265	55-9.204	1,68	0,4-49
Ventilazione semplice	90	258	28-18.069	1,12	0,1-4
Riscaldamento	75	145	23-952	1,14	0,1-4,3

I valori di IGCM/m^3 considerati complessivamente, indipendentemente dalla distinzione in funzione delle modalità di funzionamento degli impianti, risultano essere nel 91,9 % dei casi <500 e > 1.000 nel 4,5 % delle misure effettuate (Figura 1). IGCM/m^3, assunto come misura quantitativa

della contaminazione microbica degli uffici, conferma i risultati già messi in evidenza dai valori di CFU/m^3 e mostra la presenza di una maggior contaminazione durante il condizionamento e la ventilazione semplice rispetto al riscaldamento (Figura 2). IGCM/m^3 supera nel 3,3% dei casi il valore di 1.000 durante il condizionamento e nell'8,3% durante la ventilazione semplice.

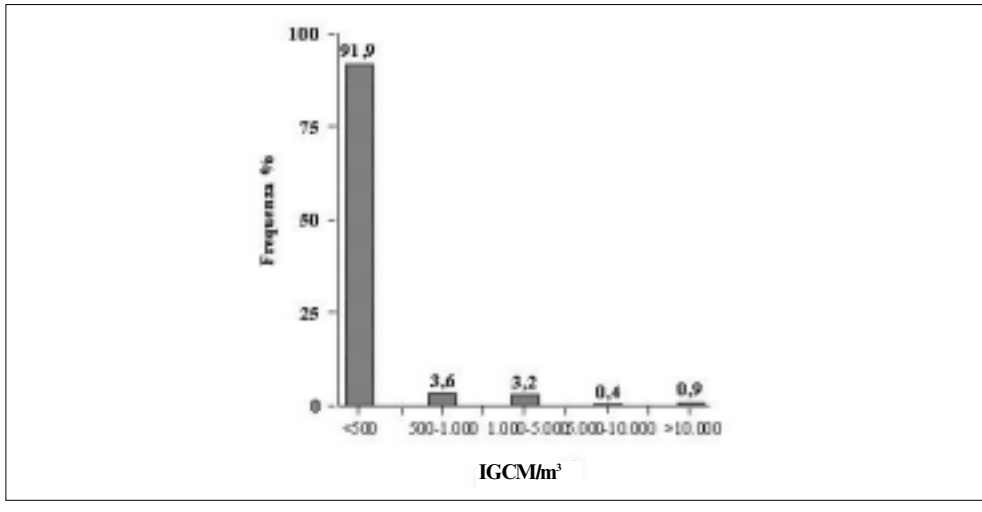


Figura 1: Frequenza % dei valori di IGCM/m^3 (Indice Globale di Contaminazione Microbica) rilevati in 226 differenti uffici durante il funzionamento degli impianti di ventilazione meccanica.

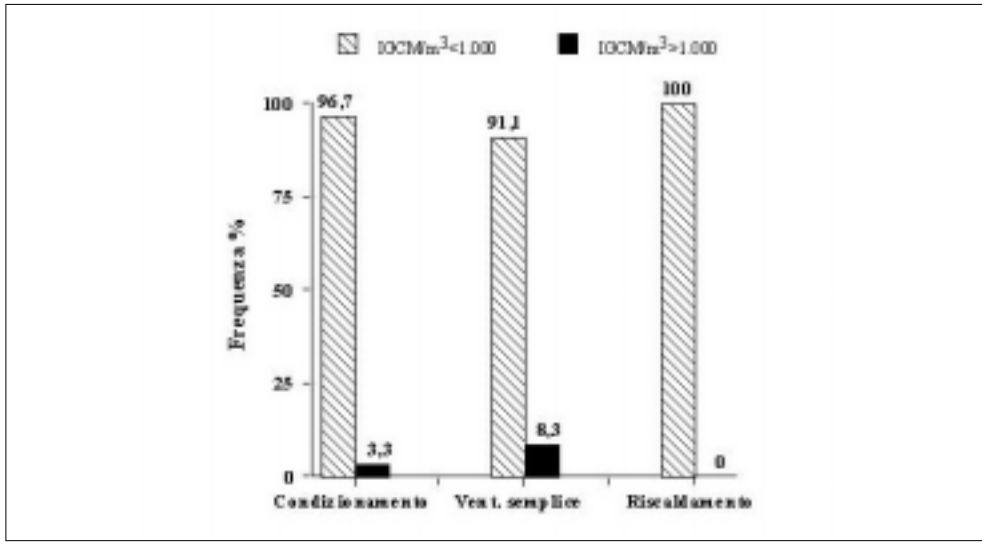


Figura 2: Frequenza % dei valori di IGCM/m^3 (Indice Globale di Contaminazione Microbica) rilevati in 226 differenti uffici e raggruppati in funzione della modalità di funzionamento dell'impianto di ventilazione.

I valori massimi di ICM si riscontrano durante il condizionamento (Tabella II) e, sempre durante questa modalità di funzionamento degli impianti di ventilazione, superano nell'11,5 % dei casi il valore di 3 (Figura 3).

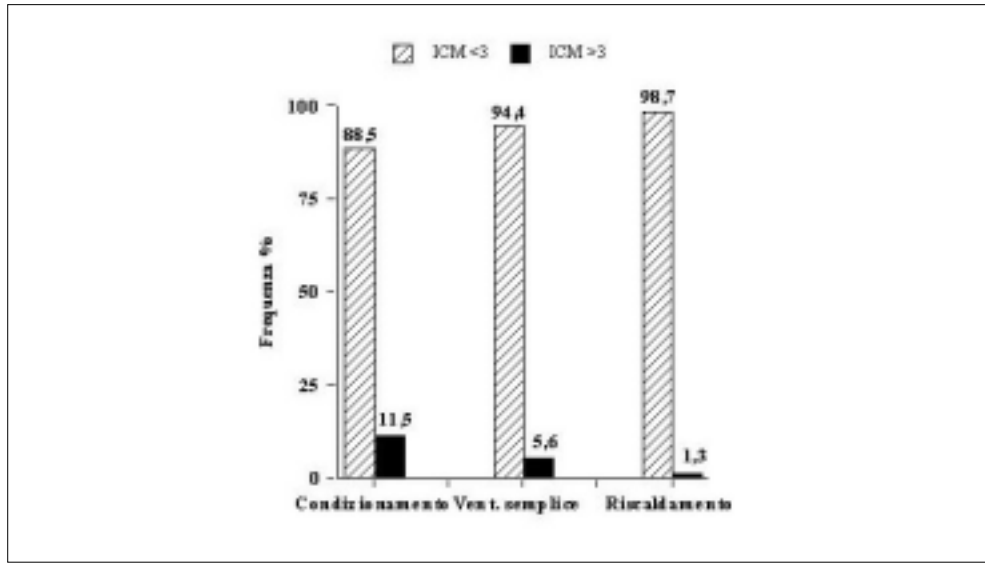


Figura 3: Frequenza % dei valori di ICM (Indice di Contaminazione da batteri Mesofili), rilevati nei 226 uffici considerati, raggruppati in funzione delle modalità di funzionamento dell'impianto di ventilazione.

In Tabella III sono riportati i valori di contaminazione microbica rilevati contemporaneamente all'interno e all'esterno di 4 differenti edifici; nel caso dei batteri mesofili si rileva, nella maggior parte dei casi, un aumento dei valori di CFU/m^3, mentre la presenza di batteri psicrofili e miceti è più rilevante nei prelievi effettuati all'esterno.

Tabella III.

Confronto tra i valori di CFU/m³ determinati per i batteri mesofili, psicrofili e per i miceti in prelievi realizzati contemporaneamente all'interno di uffici situati in differenti edifici (A-D) e all'esterno.
MG: media geometrica.

Modalità di funzionamento	Edificio	Numero di determinazioni	Batteri mesofili (CFU/m³) MG			Batteri psicrofili (CFU/m³) MG			Miceti (CFU/m³) MG		
			Interno	Esterno	Var.%	Interno	Esterno	Var.%	Interno	Esterno	Var.%
Ventilazione semplice	A	7	103	33	+212	67	55	+22	47	236	-80
Ventilazione semplice	A	11	136	35	+288	46	80	-42	85	228	-63
Riscaldamento	A	7	125	53	+136	85	191	-55	50	64	-22
Riscaldamento	A	6	73	28	+161	50	130	-61	35	291	-88
Riscaldamento	B	7	23	162	-86	16	187	-91	30	222	-86
Condizionamento	B	16	114	20	+470	50	25	+100	18	11	+64
Ventilazione semplice	B	10	50	35	+43	91	122	-25	7	67	-89
Condizionamento	B	3	184	18	+922	162	44	+268	72	400	-82
Riscaldamento	C	6	59	108	-102	38	244	-84	7	102	-93
Riscaldamento	D	21	85	48	+77	45	120	-62	62	200	-69

In numerose ricerche sono stati riportati i valori di contaminazione microbiologica di ambienti di lavoro non industriali, industriali e ospedalieri basando spesso le valutazioni principalmente sulla determinazione del numero di cellule vitali appartenenti ad una sola classe di microrganismi.
I valori riscontrati per la carica batterica a 20°C, relativa ai batteri psicrofili, consentono di classificare i vari ambienti di lavoro secondo i criteri previsti da European Collaborative Action, Report N. 12. Questi classificano gli ambienti nella categoria a livello molto basso di contaminazione quando il valore di CFU/m^3 è <50, a livello basso quando è <100, ad intermedio quando è <500, a livello alto quando è < 2000 ed infine, a livello molto alto quando il valore supera 2000 CFU/m^3 . Le categorie indicate non sono basate sulla valutazione del rischio poiché non si ritiene attualmente possibile fissare linee guida numeriche per la valutazione delle contaminazioni biologiche dell'aria, a causa della mancanza di dati epidemiologici che consentano di stabilire relazioni dose-risposta in funzione di una continua esposizione a microrganismi presenti nell'ambiente.
E' evidente che un giudizio basato solo sulla determinazione della contaminazione microbica attribuibile ai batteri psicrofili non è sufficiente per descrivere i fenomeni di contaminazione negli ambienti di lavoro e di attribuire ad essi valenza di rischio.
L'utilizzazione di un indice globale di contaminazione microbiologica, come IGCM, ha lo scopo di considerare nello stesso dato più categorie di microrganismi: in esso si introduce un concetto di grandezza estensiva che, per i batteri, considera anche la possibilità di proliferare a temperature differenti. Questo indice presenta, dal punto di vista strettamente microbiologico, una limitazione teorica, poiché considera i batteri psicrofili e mesofili come insiemi completamente distinti e composti quindi da specie differenti; in realtà molti batteri presentano, relativamente alla temperatura ottimale di sviluppo, grande versatilità e possono moltiplicarsi sia a 20°C sia a 37°C. Le due popolazioni individuate in funzione della temperatura di incubazione possono essere, di conseguenza, parzialmente sovrapponibili. Nel calcolo di IGCM si attribuisce valenza doppia ai batteri mesofili facoltativi eventualmente presenti nei campioni prelevati. Questo aspetto assume importanza nell'attribuire un significato ad una misura quantitativa di contaminazione microbiologica poiché raddoppia il valore dei microrganismi che possono svilupparsi in un ambito di temperature ampio, ovvero a temperature ambientali, tipiche della vita saprofitica, ma anche di 37°C che rappresenta la temperatura di sviluppo dei microrganismi patogeni.
L'Indice di Contaminazione da batteri Mesofili (ICM) rappresenta soprattutto un indice di contaminazione di origine antropica e mette in evidenza nelle due popolazioni batteriche determinate la quota di batteri mesofili obbligati. Il calcolo del rapporto esistente tra il valore di CFU/m^3 a 37°C e quello a 20°C consente di comprendere meglio il significato dei valori misurati. Questo rapporto, quando viene determinato all'aperto è sempre assai prossimo a 1, mentre negli ambienti indoor, anche in funzione del numero di persone presenti, può assumere valori molto più elevati. Infatti i batteri mesofili derivano dalla flora batterica normale dell'uomo e quindi possono costituire la popolazione predominante negli ambienti confinati. L'indice è fondamentale per rilevare l'accumulo nell'aria di batteri derivanti da insufficienti ricambi d'aria o da sovraffollamento.
L'Indice di Amplificazione (IA), calcolato sulla base dei valori di IGCM determinati all'esterno e all'interno dell'edificio considerato è fondamentale per rilevare accumuli e proliferazione di microrganismi negli impianti di ventilazione o all'interno degli edifici. Sebbene il conteggio delle specifiche cariche microbiche totali possa fornire utili indicazioni per l'identificazione delle specie contaminanti, anche in questo caso si evidenzia l'opportunità di verificare l'eventuale amplificazione della contaminazione utilizzando un indice estensivo come IGCM.
I risultati di questa ricerca evidenziano i valori più elevati di IGCM/m^3 durante il condizionamento e la ventilazione semplice, quando anche la presenza di batteri nell'aria è più rilevante,

sia per quanto riguarda i valori medi sia per i valori massimi riscontrati. Durante il condizionamento si rilevano i valori più elevati di ICM mostrando un accumulo di microrganismi mesofili. Durante le modalità di riscaldamento degli impianti di ventilazione forzata si riscontrano i valori più bassi degli indici di contaminazione.
Il confronto tra la contaminazione esterna agli edifici e quella riscontrata negli uffici mostra una sostanziale modificazione della qualità dell'aria dal punto di vista microbiologico. I miceti, più numerosi all'esterno, diminuiscono in quasi tutti i casi all'interno per effetto dei sistemi di filtrazione presenti negli impianti di ventilazione; lo stesso fenomeno si presenta per i batteri psicrofili i quali, in assenza di fenomeni di proliferazione a valle o all'interno degli impianti di ventilazione, subiscono una riduzione rispetto all'esterno. I batteri mesofili vengono in quasi tutti i casi amplificati.
I risultati ottenuti consentono di individuare nel valore di IGCM/m^3 pari a 1.000 un indice di riferimento che corrisponde ad un valore di contaminazione microbiologica riscontrabile nella maggior parte degli uffici considerati ed ottenibile in presenza di adeguati interventi di manutenzione degli impianti. In Tabella IV viene proposta una classificazione degli ambienti di lavoro non industriali in funzione della contaminazione microbiologica. Secondo questa classificazione, una prima analisi dei risultati ottenuti , valutati in termini di IGCM, consente di classificare l'ambiente in funzione della contaminazione nelle categorie molto bassa, bassa, intermedia, alta, molto alta. Il superamento del valore guida pari a 1.000, pur non costituendo necessariamente un aumento del rischio per i lavoratori, implica un approfondimento dell'esame dei livelli di contaminazione attraverso il calcolo di ICM e IA. La classificazione prevede per ICM e IA l'adozione di valori di riferimento pari a 3. In questo modo la contaminazione degli ambienti viene ulteriormente suddivisa in classi (A-I) che rappresentano un progressivo peggioramento della qualità microbiologica dell'aria, sia dal punto di vista quantitativo sia qualitativo.

Tabella IV

Proposta di categorie e classi di contaminazione microbiologica dell'aria per ambienti di lavoro confinati destinati ad attività di ufficio, definite in funzione della misura dell'Indice Globale di Contaminazione Microbica (IGCM/m^3), dell'Indice di Contaminazione da batteri Mesofili (ICM) e dell'Indice di Amplificazione (IA).

Categoria	IGCM/m^3	CLASSE
Molto bassa	< 500	
Bassa	< 1.000	
Intermedia	> 1.000	A: IGCM >1000; ICM <3; IA <3 B: IGCM >1000; ICM >3 o IA >3 C: IGCM >1000; ICM >3; IA >3
Alta	> 5.000	D: IGCM >5000; ICM <3; IA <3 E: IGCM >5000; ICM >3 o IA >3 F: IGCM >5000; ICM >3; IA >3
Molto alta	> 10.000	G: IGCM >10.000; ICM <3; IA <3 H: IGCM >10.000; ICM >3 o IA >3 I : IGCM >10.000; ICM >3; IA >3

In Tabella V sono indicati alcuni esempi di valutazione della contaminazione microbiologica dell'aria degli uffici oggetto di questa indagine in funzione dei criteri proposti. Nei casi 1 e 2 IGCM/m^3 non supera il valore di 1.000, di conseguenza non deve essere considerato come significativo il superamento del valore di 3 per ICM o IA. Nei casi 3 e 4, invece, è possibile individuare categoria e classe di contaminazione per l'ambiente considerato. Nel caso 4 si evidenzia un'inequivocabile contaminazione dell'aria provocata da accumulo o proliferazione dei microrganismi all'interno dell'edificio.

Tabella V

Esempi di classificazione della contaminazione microbiologica in presenza di valori di IGCM/m^3 < 1.000 o > 1.000.

Caso N.	IGCM/m^3 interno <1.000	IGCM/m^3 esterno	Categoria di contaminazione	ICM	IA	
1	299	56	Molto bassa	1,88	5,3	
2	387	56	Molto bassa	3,70	6,9	
	IGCM/m^3 interno >1.000	IGCM/m^3 esterno				Classe di contaminazione
3	1.458	458	Intermedia	0,66	3,2	B
4	9.204	458	Alta	48,9	20,1	F

Il modello di classificazione proposta, con opportuni adeguamenti, può essere adottato per stabilire criteri di valutazione della qualità microbiologica dell'aria di altri ambienti di lavoro non industriali, industriali e ospedalieri.

BIBLIOGRAFIA

C. Dacarro, E. Grignani, L. Lodola, P. Grisoli, D. Cottica: Proposta di indici microbiologici per la valutazione della qualità dell'aria degli edifici. Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia, 2000; XXII (3) 229-235.

World Health Organization: Indoor air pollutants: Exposure and health effects. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 1983. (Report on a WHO meeting. EURO reports and studies no. 78).

Mendell MJ, Smith AH: Consistent pattern of elevated symptoms in air-conditioned office buildings: A reanalysis of epidemiologic studies. AJPN, 1990; 80:1193-99.

Finnegan MJ, Pickering AC.: Buiding related illness. Clin. Allergy, 1986; 16:389-405.

Shelley A.: The prevention of microbial contamination in air handling systems. Austr. Refrig. Air Cond. Heating. 1990; 44(3):30-36.

American Thoracic Society: Environmental controls and lung disease. Am. Rev. Respir. Dis. 1990; 142:915-39.

Marbury MC, Woods JEJ: Building-related illness. In: Samet JM, Spengler JD, eds. Indoor air pollution: a health perspective. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1991.306-22.

HSE: 1991, The control of legionellosis including Legionnaires' disease. London: Health and Safety Executive, Library and Information Services.

Muder RR, Yu VL, Woo AH.: Mode of transmission of *Legionella pneumophila*: A critical review. Archieve Internal Medicine. 1986. 146:1607-1612.

Fliermans CB, Nygren JA.: Maintaining Cooling system 'free' of *Legionella pneumophila.* 1987. ASHRAE Trans. 93 (part 2):1405-1415.

Fraser DW. Legionellosis: evidence of airborne transmission. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1980. 353:61-66.

Stout JE, Yu VL, Muraca P, Joly J, Troup N, Tompkins L.: Potable water as a cause of sporadic cases of community-acquired Legionnaires' disease. New England Journal of Medicine. 1992, 326:151-155.

Ling-Ling Hung, Copperthite DC, Yang CS, Lewis FA, Zampiello FA.: *Legionella* assessment in office buildings of continental United States. Proceedings of Indoor Air '93, Helsinki, Finland. 1993. 4:379-384.

Rota MC, Castellani Pastoris M, Salmaso S.: La legionellosi in Italia nel 1998. Notiziario dell'Istituto Superiore di Sanità. 1999. 12:1-4.

ACGIH: Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment. 1989. ACGIH Cincinnati, OH.

Heildelberg JF, Shahamat M, Levin M, Rahman I, Stelma G, Grim C, Colwell RR.: Effect of

Aerosolization on Culturability and Viability of Gram-Negative Bacteria. Appl. Eviron. Microbiol. 1997. 63:3585-88.

Stewart SL, Grinshpun SA, Willeke K, Terzieva S, Ulevicius V, Donnelly J.: Effect of Impact Stress on Microbial Recovery on an Agar Surface. Appl. Eviron. Microbiol. 1995. 61:1232-39.

Jouzaitis A, Willeke K, Grinshpun SA, Donnelly J.: Impaction onto a Glass Slide or Agar versus Impingement into a Liquid for the Collection and Recovery of Airborne Microorganisms. Appl. Eviron. Microbiol. 1994. 60:861-70.

Walter MV, Marthi B, Fieland VP, Ganio LM.: Effect of Aerosolization on Subsequent Bacterial Survival. Appl. Eviron. Microbiol. 1990. 56:3468-72.

Saraf A, Larsson I, Burge H, Milton D.: Quantitation of Ergosterol and 3-hydroxy fatty acids in Settled House Dust by Gas Chromatograpy-mass spectrometry: Comparison with Fungal Culture and Determination of Endotoxin by a Limulus Amebocyte Lysate Assay. Appl. Eviron. Microbiol. 1997. 2554-59.

Brief RS, Bernath T.: Indoor pollution: guidelines for prevention and control of microbiological respiratory hazards associated with air conditioning and ventilation systems. Appl. Ind. Hyg. 1988. 3:5-10.

Flannigan B.: Indoor microbiological pollutants – sources, species, characterization and evaluation. 1992. In: Knöppel H, Wolkoff P, eds., Chemical, microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality – State of the art in SBS. The Netherlands: EDSC, EEC, EAEC.

Miller JD.: Fungi as contaminants in indoor air. Atmospheric Environment. 1992. 26A: 2163-72.

Anderson AM, Weiss N, Rainey F, Salkinoja-Salonen MS.: Dust-borne bacteria in animal sheds, schools and children's day care centers. J. of Appl. Microbiol. 1999. 86:622-634.

Rao CY, Burge HA.: Review of quantitative standards and guidelines for fungi in indoor air. J. of Air & Waste Manage. Assoc. 1996. 46 :899-908.

Maroni M, Seifert B, Lindvall T.: Indoor Air Quality: a comprensive reference book. Air Quality Monographs. 1995. Vol. 3, Elsevier.

Commission of European Connunities: Indoor Air Quality & its Impact on Man. 1993. Report n.12.

INDICE ANALITICO DEGLI AUTORI

Andretta D. - *301, 719*
Antonelli B.M. - *363*
Antoni D. - *703, 713*
Anzidei P. - *315*
Argenti L. - *197*
Arpaia G. - *479*
Attimonelli R. - *521*
Baldacconi A. - *241, 253*
Barbassa E. - *703*
Barca S. - *253*
Barcellona G. - *403, 571*
Barra M.I. - *421*
Bellomo D. - *11*
Benedetti F. - *33, 127, 693*
Bertucci R. - *139*
Buffa C. - *651*
Caldara S. - *373, 421, 703*
Carella A. - *635*
Carluccio P. - *283*
Casale M. - *441, 455*
Castellet y Ballarà G. - *681*
Cavariani F. - *587*
Clerici P. - *301*
Correzzola C. - *651*
Cottica D. - *503, 759*
Crescenza P. - *521*
Cutillo G. - *49*
d'Angelo R. - *49, 147, 339, 441, 455, 529*
Dacarro C. - *759*
Davì E. - *403*
De Blasi P. - *421, 587*
De Rossi M. - *587*
De Santis P. - *253*
Desideri P. - *441, 455*
Di Chiara S. - *403, 571*
Di Felice G. - *529*
Di Noto G. - *403*
Di Stefano S. - *197*
Ferrante D. - *651*
Filosa L. - *317*
Fioretti P. - *85, 743*
Fizzano M.R. - *421*
Fois G. - *703*
Frusteri L. - *529*
Gallanelli R. - *471*
Gargaro G. - *403, 421*
Gelato P. - *139*
Giommoni G. - *147, 159*
Giovinazzo R. - *315, 421*
Grignani E. - *503, 759*
Grisoli P. - *759*
Guidi C. - *471*
Iacovacci P. - *529*
Incocciati E. - *619*
Iotti A. - *153, 577*
Kunkar C. - *403*
La Pegna P. - *421*
Luzzi R. - *703*
Mameli M. - *703*
Malorni A. - *339*
Mancini G. - *77, 743*
Marconi A. - *539*
Marino M.P. - *11*
Maroli M. - *529*
Massacci G. - *219, 731*
Massera S. - *619*
Mastrovito M. - *147*
Matricardi P. - *33, 127*
Mattarelli M. - *301*
Menicocci A. - *551*

Mignacca F.R. - *95*
Minore A. - *175*
Montana M. - *77, 743*
Mura P. - *209, 339*
Nappi F. - *283*
Nori L. - *95*
Novembre G. - *403*
Novi C. - *441, 455, 529*
Nuccio S. - *373*
Ortolani G. - *153*
Panaro P. - *85, 743*
Papa G. - *159, 421, 635*
Pasello F. - *49*
Perpetuo G. - *159*
Piccioni A. - *229, 643, 651*
Piccioni R. - *283, 345, 577, 587, 681*
Pini C. - *529*
Poidomani E. - *403*
Pol G. - *229*
Polli F. - *63*
Pozzessere C - *139*
Presicci V. - *209*
Prezioso A. - *175*
Principe B. - *175*
Resconi C. - *77, 743*
Ricciardi P. - *209*
Rimoldi B. - *595*
Rinaldi R. - *197*
Rosci G. - *241*
Rossi A. - *241*
Rughi D. - *283, 345, 587, 595*
Ruspolini F. - *147, 159, 421*
Russo E. - *33, 643*
Salzano R. - *513*
Santucciu P. - *479*
Sarto D. - *663*
Schneider Graziosi A. - *601*
Severi S. - *601, 681*
Siciliano E. - *95*
Sinopoli S. - *147, 441, 455*
Spataro C. - *373*
Spinelli A.E. - *77, 85, 743*
Taddeucci A. - *513*
Taglieri L. - *421*
Tamigio G. - *175*
Terracina A. - *85, 403, 743*
Tripi L. - *175*
Tuccimei P. - *513*
Usala S. - *219*
Vallerga R. - *85, 743*
Venanzetti F. - *315*
Verdel U. - *577, 601*
Visciotti G. - *95*
Zanelli A. - *197*
Zarrelli G. - *85, 743*